VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

NÁVRH PREZENTAČNÍHO ROZVÁDĚČE NN

DESIGN OF PRESENTATION ELECTRIC SWITCHBOARD FOR LV

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Jan Hlaváč
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Branislav Bátora, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**
Ústav elektroenergetiky

Student: Bc. Jan Hlaváč ***ID:*** 164282
Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Návrh prezentačního rozváděče nn

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Teoretický úvod do modulárního systému rozváděčů MNS, mechanická stavba rozváděče a výběr použitých přístrojů
2. Návrh prezentačního rozváděče MNS 3.0 v souladu s ČSN EN 61439-2 a dalšími normami, zahrnující správnost návrhu ochranných a měřicích funkcí, včetně funkčních jednotek s motorovými kontroléry
3. Analýza a výpočet parametrů ovládacích a řídicích obvodů z hlediska úbytků napětí a velikosti impedance zkratové smyčky
4. Zpracování výkresové dokumentace v programu EPLAN Electric P8

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Literatura je stanovena dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 5.2.2018 ***Termín odevzdání:*** 21.5.2018

Vedoucí práce: Ing. Branislav Bátora, Ph.D.
Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady

Bibliografická citace práce:

HLAVÁČ, J. *Návrh prezentačního rozváděče nn.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 91 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Branislav Bátora, Ph.D..

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Branislavu Bátorovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odbornou pomoc při zpracovávání práce. Další poděkování patří mým kolegům ze společnosti ABB s.r.o., a to jmenovitě Ing. Petru Kašpárkovi a Ing. Vladimíru Horychovi za užitečné rady a poskytnuté podklady při řešení dané problematiky. A v neposlední řadě děkuji svým rodičům a dalším členům své rodiny za podporu během celého studia.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

……

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem rozváděče nízkého napětí, který bude sloužit k prezentačním účelům. Rozváděč je obdobou modulárního systému MNS 3.0, který v sobě zahrnuje nejmodernější vybavení společnosti ABB s.r.o., které je aktuálně dostupné na trhu. Rozváděče tohoto typu jsou hojně využívány v průmyslu především pro řízení motorových jednotek. Z tohoto důvodu jsou v rozváděči umístěny motorové spouštěče v různém provedení, a také distribuční moduly. Kromě toho rozváděč disponuje funkcí automatického záskoku při výpadku jednoho z přívodů.

Kompletní dokumentace k rozváděči je zpracována v profesionálním nástroji EPLAN Electric P8 s využitím 3D softwaru EPLAN Pro Panel pro projektování přístrojových prostor. Závěrečnou částí této práce je výpočet maximálních délek kabelů, které si může potenciální zákazník k rozváděči připojit. Kromě toho byla provedena analýza silových a ovládacích obvodů z hlediska úbytků napětí, a byl také zkoumán vliv těchto úbytků a kapacity kabelů na spínání použitých stykačů.

KLÍČOVÁ SLOVA: ATS; EPLAN; Dokumentace; Maximální délka kabelu; MNS; Motorové kontroléry; Pro Panel; Rozváděč nízkého napětí; Vzduchové a kompaktní jističe

ABSTRACT

This master's thesis deals with the design of electric switchgear for low voltage, which will serve for presentation purposes. The switchgear is analogy of the modular system MNS 3.0, which includes the latest equipment of ABB Ltd. that is currently available on the market. Switchgears of this type are widely used in industry primarily for controlling motor units. For this reason, in the switchgear there are located motor starters in various performances, as well as distribution modules. In addition, the switchgear has an automatic transfer switch function in case of failure of one of the power supplies.

The complete documentation of the switchgear is processed in the professional software EPLAN Electric P8 with use of the 3D software EPLAN Pro Panel for modelling device compartments. The final part of the thesis is the calculation of the maximum cable lengths that a potential customer can connect to the switchgear. In addition, an analysis of the power and control circuits was carried out for voltage drop calculations, as well as the effect of these voltage drops and capacitance of long control cables on the actuation of contactors.

KEY WORDS: ATS; EPLAN; Documentation; Maximum cable length; MNS; Motor controllers; Pro Panel; Low voltage switchgear; Air and moulded case circuit breakers

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ

SEZNAM TABULEK

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení:	Název veličiny:	Jednotka:
a	Poměr minimálního napětí na cívce stykače při sepnutých kontaktech a jmenovitého napětí ovládacího obvodu	(-)
b	Poměr proudu cívky stykače při minimálním napětí sepnutých kontaktů a proudu cívky při jmenovitém napětí	(-)
c	Napěťový součinitel	(-)
$C_{k,2v}$	Kapacita kabelu pro dvouvodičové ovládání	(F)
$C_{k,3v}$	Kapacita kabelu pro třívodičové ovládání	(F)
C_L	Celková kapacita ovládacích kabelů v jednom modulu	(F)
C_{max}	Maximální kapacita, při které již nedojde k rozepnutí kontaktů stykače	(F)
f_n	Jmenovitý kmitočet	(Hz)
I	Proud zařízení	(A)
I_{cc}	Jmenovitý podmíněný zkratový proud	(A)
I_{cs}	Jmenovitý zkratový vypínací proud	(A)
I_{cw}	Jmenovitý krátkodobý výdržný proud	(A)
I_k''	Počáteční rázový zkratový proud	(A)
I_m	Vypínací proud zkratové spouště jističe	(A)
I_{MSD}	Jmenovitý proud hlavního jistícího prvku	(A)
$I_{n,pojistka}$	Jmenovitý proud pojistky	(A)
I_{nA}	Jmenovitý proud rozváděče	(A)
I_{pk}	Jmenovitý dynamický výdržný proud	(A)
l_{8E2}	Délka ovládacích kabelů v modulu 8E/2	(m)
l_{8E4}	Délka ovládacích kabelů v modulu 8E/4	(m)
$l_{DA01,230V}$	Maximální délka kabelu připojitelného k obvodu na 230 V a.c. do modulu DA01	(m)
$l_{DA01,24V}$	Maximální délka kabelu připojitelného k obvodu na 24 V d.c. do modulu DA01	(m)
l_{max}	Maximální délka kabelu připojeného k rozváděči	(m)
l_{MO132}	Maximální délka kabelu pro jistič MO132	(m)
l_{OS63}	Maximální délka kabelu pro OS63	(m)
$l_{stykač}$	Přibližná délka ovládacích kabelů k cívce stykače	(m)
l_{XT2S}	Maximální délka kabelu pro jistič XT2S	(m)
m	Násobek záběrového proudu motoru	(-)
n	Počet svorek pro připojení k ovládacím obvodům	(-)

P	Příkon zařízení	(W)
R_{celk}	Celková rezistance zkratové smyčky	(Ω)
$R_{celk,230V}$	Maximální rezistance kabelů připojitelných obvodům na 230 V a.c.	(Ω)
$R_{celk,24V}$	Maximální rezistance kabelů připojitelných obvodům na 24 V d.c.	(Ω)
$R_{celk,OS63}$	Maximální rezistance zkratové smyčky pro OS63	(Ω)
R_k	Měrná rezistance kabelu	(Ω)
$R_{kab230V,8E4}$	Maximální rezistance kabelů připojitelných k ovládacím obvodům modulů velikosti 8E/4 na 230 V a.c.	(Ω)
$R_{kab24V,8E2}$	Maximální rezistance kabelů připojitelných k ovládacím obvodům modulů velikosti 8E/2 na 24 V d.c.	(Ω)
$R_{kab24V,8E4}$	Maximální rezistance kabelů připojitelných k ovládacím obvodům modulů velikosti 8E/4 na 24 V d.c.	(Ω)
R_{kabel}	Rezistance kabelu připojeného ke spotřebiči	(Ω)
R_{kx}	Měrná rezistance kabelu o průřezu "x" mm^2	(Ω)
R_{MCB}	Vnitřní rezistance miniaturního jističe MCB	(Ω)
R_{MO132}	Rezistance zkratové smyčky pro MO132	(Ω)
R_{modul}	Celková rezistance kabelů použitých v modulu	(Ω)
$R_{modul,8E2}$	Celková rezistance kabelů v modulu 8E/2	(Ω)
$R_{modul,8E4}$	Celková rezistance kabelů v modulu 8E/4	(Ω)
R_{MSD}	Rezistance hlavního jistícího prvku	(Ω)
R_{OS63}	Maximální rezistance kabelu pro OS63	(Ω)
$R_{pojistka}$	Rezistance pojistky	(Ω)
R_{XT2S}	Maximální rezistance kabelu pro jistič XT2S	(Ω)
S	Jmenovitý odběr cívky stykače při sepnutých kontaktech	(VA)
$\Delta U_{\%max}$	Procentuální úbytek napětí na maximální délce kabelu	(%)
$\Delta U_{\%MO132}$	Procentuální úbytek napětí na kabelu pro MO132	(%)
$\Delta U_{\%OS63}$	Procentuální úbytek napětí na kabelu pro OS63	(%)
U_c	Jmenovité napětí ovládacího obvodu	(V)
U_e	Jmenovité pracovní napětí	(V)
U_i	Jmenovité izolační napětí	(V)
U_{imp}	Jmenovité impulzní výdržné napětí	(V)
$U_{max,24}$	Maximální napětí v dané toleranci pro 24 V d.c.	(V)
$U_{max,230}$	Maximální napětí v dané toleranci pro 230 V a.c.	(V)
U_n	Jmenovité napětí zařízení	(V)
U_s	Napájecí napětí	(V)
Z_{celk}	Celková impedance (modul) zkratové smyčky	(Ω)

ω	Úhlová frekvence	(Hz)

Zkratka:	**Význam:**
ABB	Asea Brown Boveri
a.c.	Alternating Current (Střídavý elektrický proud)
ACB	Air Circuit Breaker (Vzduchový jistič)
ATS	Automatic Transfer Switch (Funkce automatického záskoku)
CAD	Computer Aided Design (Počítačem podporované projektování)
CAE	Computer Aided Engineering (Počítačem podporované projektování s inženýrskou analýzou)
CPU	Central Processing Unit (Centrální procesorová jednotka)
d.c.	Direct Current (Stejnosměrný elektrický proud)
DCS	Distributed Control System (Distribuční řídicí systém)
DIN	Deutsche Industrie-Norm (Německá národní průmyslová norma)
DOL	Direct On Line (Přímé připojení k síti)
HMI	Human Machine Interface (Rozhraní člověk-stroj)
I/O	Input/ Output (Vstup/ výstup)
IEC	International Electrotechnical Commission (Mezinárodní elektrotechnická komise)
IP	Ingress of Protection (Stupeň krytí)
MCB	Miniature Circuit Breaker (Miniaturní jistič)
MCCB	Moulded-Case Circuit Breaker (Kompaktní jistič)
MCC	Motor Control Centre (Motorové řídicí centrum)
MFW	Multifunction Wall (Multifunkční stěna)
MNS	Das Modulare Niederspannungs-schaltanlagen-System (Modulární systém nízkého napětí)
MSD	Main Switching Device (Hlavní spínací zařízení)
MTP	Měřicí transformátor proudu
nn	Nízké napětí
PLC	Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat)
PTC	Positive Temperature Coefficient (Termistor s pozitivní teplotní závislostí)
RDF	Rated Diversity Factor (Součinitel soudobosti)
SCPD	Short Circuit Protective Device (Zařízení jistící proti zkratu)
SPD	Surge Protective Device (Svodič přepětí)
TOL	Thermal OverLoad relay (Tepelná ochrana)
UMC	Universal Motor Controller (Univerzální motorový kontrolér)
UPS	Uninterruptible Power Supply (Zdroj nepřerušovaného napájení)
USB	Universal Serial Bus (Univerzální sériová sběrnice)

ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Historie výroby rozváděčů společnosti ABB s.r.o. sahá až do 90. let 19. století. Rozváděč je obecně zařízení, které v sobě zahrnuje elektrické přístroje k ochraně, měření, řízení a dalším procesům nezbytným pro jeho funkci. Cílem této práce je navrhnout rozváděč nízkého napětí od společnosti ABB s.r.o., který bude sloužit k prezentačním účelům firmy. Bude se jednat o provedení typu MNS 3.0, což je označení pro modulární systém rozváděčů nízkého napětí. Návrh bude proveden v souladu s ČSN EN 61439-2 a dalšími normami, zahrnujícími správnost návrhu jednotlivých funkcí rozváděče.

Prezentační rozváděč musí být vybaven nejmodernějším zařízením společnosti ABB s.r.o., které je v současné době dostupné na trhu. V tomto případě se jedná o vzduchové (ACB) a kompaktní jističe (MCCB), motorové kontroléry UMC a M10x, programovatelné automaty řady AC500 a další. Rozváděč bude dále vybaven funkcí automatického záskoku (ATS), která umožňuje přepínání mezi přívody rozváděče v případě, že dojde k výpadku jednoho z nich. K rozváděči mohou být také připojeny asynchronní motory, na kterých lze prezentovat funkci motorových spouštěčů navržených pro přímý a reverzní rozběh motoru. Pomocí motorových kontrolérů lze tyto spouštěče také ovládat a monitorovat měřené veličiny na zabudovaných panelech. Ostatní motorové spouštěče budou navrženy v konvenčním provedení.

Kompletní dokumentace k rozváděči bude zpracována v programu EPLAN Electric P8, což je profesionální software poskytující komplexní funkce pro projektování. Výkresová dokumentace bude zahrnovat elektrická schémata zapojení, dispozice jednotlivých částí rozváděče, kusovníky použitých přístrojů atd. Pro modelování přístrojových prostor rozváděče bude použit program EPLAN Pro Panel, který nabízí možnost 3D projektování rozváděčových systémů.

Finální částí práce bude analýza obvodů rozváděče z hlediska maximální impedance zkratové smyčky a úbytků napětí na kabelech. K rozváděči bude možné připojit ovládací kabely se spínacími tlačítky, a také silové kabely se spotřebiči. Pro správnou činnost zkratových ochran je tudíž nutné stanovit maximální délky připojitelných kabelů, a z hlediska připojených spotřebičů je vhodné znát úbytky napětí na nich. Vliv úbytků napětí bude zkoumán také pro ovládací obvody, kde mohou mít tyto úbytky (včetně nežádoucí kapacity) negativní vliv na ovládání kontaktů stykače.

1. ROZVÁDĚČE NÍZKÉHO NAPĚTÍ

Rozváděč je rozvodné zařízení, které obsahuje elektrické přístroje pro jištění, měření a ovládání elektrických obvodů. Může obsahovat větší množství přívodních a odchozích kabelů, přičemž do rozváděče vstupuje napájecí kabel a vystupují z něj kabely pro napájení spotřebičů, zásuvkových a světelných obvodů, nebo dalších rozvodných zařízení.

Rozváděčem nízkého napětí se rozumí zařízení pracující pod napětím do 1000 V střídavého proudu, nebo do 1500 V proudu stejnosměrného. Provedení rozváděče je z jeho konstrukčního i funkčního hlediska definováno normou ČSN EN 61439-1, která např. zahrnuje informace o dovoleném oteplení, ochraně před zkratem, celkové bezpečnosti návrhu atd.

Systémem rozváděče rozumíme veškeré elektrické (funkční jednotky, přípojnice) a mechanické (skříně, lišty, plechy) součásti, které musí být smontovány podle pokynů výrobce a jejich výsledkem je poté rozváděč. Funkční jednotka rozváděče je část podílející se na určité funkci. Patří sem všechny elektrické a mechanické prvky, včetně spínaných přístrojů. Přívodní jednotka rozváděče zajišťuje přívod elektrické energie do rozváděče a vývodní jednotka pak napájí výstupní obvody [2].

Hlavní obvod rozváděče zahrnuje veškeré obvody pro přenos elektrické energie, pomocné obvody rozváděče jsou pak obvody pro ovládání, signalizaci, sběr dat a regulaci. Pro připojení elektrických obvodů slouží přípojnice, což jsou nízkoimpedanční vodiče, které se dělí na hlavní a distribuční. Hlavní přípojnice slouží k připojení jedné nebo více přípojnic distribučních nebo k připojení jednotek vývodních a přívodních. Z distribučních přípojnic jsou vývodní jednotky napájeny [2].

1.1 Základní parametry

Následující kapitola uvádí základní parametry rozváděčů, které vychází z dříve uvedené normy [2]. Pro rozšiřující popis těchto parametrů byla použita literatura [3]:

Jmenovité napětí U_n – nejvyšší nominální hodnota napětí elektrického zařízení, ke které se připojuje hlavní obvod. U vícefázových obvodů se stanovuje jako hodnota mezi fázemi.

Jmenovité pracovní napětí U_e – hodnota napětí obvodu rozváděče, která společně se jmenovitým proudem tohoto obvodu určuje jeho použití.

Jmenovité izolační napětí U_i – hodnota napětí, ke kterému se vztahují dielektrická zkušební napětí a povrchové cesty. Maximální jmenovité pracovní napětí kteréhokoliv obvodu rozváděče nesmí překročit jeho jmenovité izolační napětí. Předpokládá se, že jmenovité pracovní napětí kteréhokoliv obvodu rozváděče nepřekročí ani dočasně 110 % jeho jmenovitého izolačního napětí.

Jmenovité impulzní výdržné napětí U_{imp} – vrcholová hodnota impulzního napětí předepsaného tvaru a polarity, kterou je obvod rozváděče schopen za předepsaných zkušebních podmínek vydržet bez poruchy a ke které se vztahují hodnoty vzdušných vzdáleností. Tyto hodnoty musí být rovné hodnotám stanoveným pro přechodná přepětí vyskytující se v soustavě, ve které je rozváděč umístěn, nebo musí být větší než tyto hodnoty.

Jmenovitý proud rozváděče I_{nA} – hodnota proudu, která může být přenášena, aniž by oteplení jednotlivých částí překročilo stanovené meze. Jmenovitý proud stanovuje výrobce, přičemž se berou v úvahu jmenovité hodnoty součástí elektrického zařízení v rozváděči, jejich uspořádání a použití.

Jmenovitý dynamický výdržný proud I_{pk} – hodnota vrcholového proudu, kterou může daný obvod uspokojivě vydržet za zkušebních podmínek. Tato hodnota je obvodu přiřazena výrobcem.

Jmenovitý krátkodobý výdržný proud I_{cw} – efektivní hodnota krátkodobého proudu přiřazená tomuto obvodu výrobcem, kterou tento obvod může vést bez poškození za zkušebních podmínek. Pokud není výrobcem stanoveno jinak, je tato doba 1 s. Je-li tato doba kratší než 1 s, je třeba uvést jak jmenovitý krátkodobý proud, tak čas (např. 20 kA, 0,2 s).

Jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{cc} – hodnota zkratového proudu rozváděče, která musí být vyšší nebo rovna efektivní hodnotě předpokládaného zkratového proudu po dobu trvání omezenou činností jistícího zařízení před zkratem.

Součinitel soudobosti RDF – poměrná hodnota jmenovitého proudu udávaná výrobcem rozváděče, kterou mohou být vývodní obvody rozváděče zatěžovány současně a trvale s ohledem na tepelnou interakci.

Jmenovitý kmitočet f_n – hodnota kmitočtu (frekvence), která rozváděč charakterizuje a na kterou se vztahují pracovní podmínky. Jsou-li obvody rozváděče navrženy pro různé hodnoty kmitočtu, musí být uveden jmenovitý kmitočet každého obvodu.

1.2 Provozní podmínky

Rozváděče konstruované, vyrobené a zkoušené dle normy ČSN EN 61439-1 jsou určeny pro použití v normálních provozních podmínkách, pro venkovní instalaci (místa přímo vystavená venkovnímu klimatu) a na místech přístupných veřejnosti. Jednotlivé provozní podmínky rozváděčů jsou uvedeny níže [2]:

Teplota okolního vzduchu – norma rozlišuje podmínky teploty okolního vzduchu pro vnitřní a venkovní instalace. Horní mez teploty vzduchu pro vnitřní instalace nepřekračuje hodnotu +40 °C a její průměrná hodnota během dne nepřekračuje +35 °C. Dolní mez teploty okolního vzduchu je -33 °C. Pro venkovní instalace platí stejné hodnoty jako u instalací vnitřních. Dolní mez teploty je v tomto případě ovšem -25 °C.

Podmínky vlhkosti – norma popisuje podmínky vlhkosti v závislosti na tom, jestli se jedná o vnitřní nebo vnější instalace. Pro vnitřní instalace při maximální teplotě +40 °C relativní vlhkost nepřekračuje 50 %. Při nižších teplotách může být vyšší, přičemž v důsledku změn teplot je nutné počítat s možným vznikem mírné kondenzace. Pro venkovní instalace při maximální teplotě +25 °C může relativní vlhkost přechodně dosáhnout až 100 %.

Stupeň znečištění – závisí přímo na podmínkách prostředí, pro které je konkrétní rozváděč určen. Existují čtyři stupně znečištění v mikroprostředí kvůli posouzení vzdušných vzdáleností a povrchových cest:

- **Stupeň znečištění 1**: Nevyskytuje se žádné nebo pouze suché a nevodivé znečištění. Znečištění stupně 1 nemá vůbec žádný vliv.
- **Stupeň znečištění 2**: Vyskytuje se pouze nevodivé znečištění, je potřeba brát ohled na dočasnou vodivost způsobenou kondenzací.
- **Stupeň znečištění 3**: Vyskytuje se suché nebo vodivé znečištění. Nevodivé znečištění se může stát znečištěním vodivým vlivem kondenzace.
- **Stupeň znečištění 4**: Způsobená trvalá vodivost vlivem vodivého prachu, deště nebo vlhka. Tento stupeň znečištění dle normy neplatí pro mikroprostředí uvnitř rozváděče.

Rozváděče určené pro průmyslové aplikace, není-li dáno jinak, jsou všeobecně určeny pro použití v prostředí se stupněm znečištění 3.

Zvláštní provozní podmínky – v případech, kdy lze předpokládat jejich výskyt, je nutná dohoda mezi výrobcem rozváděče a uživatelem. Uživatel je v tomto případě povinen informovat výrobce o existenci zvláštních provozních podmínek.

1.3 Technické požadavky

Následující kapitole je zpracována podle [4].

Obvod každého rozváděče musí snést dočasná a přechodná přepětí. Schopnost rozváděče vydržet tato přepětí bez poškození pevné izolace se ověřuje prostřednictvím zkoušek. Neporušenost pevné izolace v závislosti působení dočasného přepětí se ověřuje výdržným napětím průmyslového kmitočtu. Neporušenost izolace vlivem přepětí přechodného se dále ověřuje impulzním výdržným napětím.

Výdržné napětí průmyslového kmitočtu – obvody rozváděče musí vydržet průmyslová napětí průmyslového kmitočtu, která jsou uvedena v *Tab. 1-1*. Jmenovité izolační napětí jakéhokoliv obvodu rozváděče musí být větší nebo rovno jeho maximálnímu pracovnímu napětí.

Tab. 1-1 - Výdržná napětí hlavního obvodu rozváděče [2]

Jmenovité izolační napětí *Ui* (a.c. nebo d.c.)	**Střídavé dielektrické zkušební napětí (r.m.s.) (V)**	**Stejnosměrné dielektrické zkušební napětí (V)**
$Ui \leq 60$	1000	1415
$60 < Ui \leq 300$	1500	2120
$300 < Ui \leq 690$	1890	2670
$690 < Ui \leq 800$	2000	2830
$800 < Ui \leq 1000$	2200	3110
$1000 < Ui \leq 1500$	-	3820

Impulzní výdržná napětí hlavních obvodů – vzdušné vzdálenosti mezi živými částmi s různým elektrickým potenciálem a vzdušné vzdálenosti mezi živými a neživými částmi musí snést zkušební napětí náležící ke jmenovitému impulznímu výdržnému napětí. Jmenovité impulzní výdržné napětí náležící danému jmenovitému pracovnímu napětí nesmí být menší než jmenovité napětí napájecí soustavy obvodu v úseku, kde má rozváděč plnit svou funkci.

Ochrana svodičů přepětí – jestliže jsou k hlavnímu obvodu připojeny svodiče přepětí SPD, musí být chráněny, aby nedošlo k neřízeným podmínkám zkratu uvedeným výrobcem svodiče.

Meze oteplení – jmenovité proudy musí být vedeny rozváděčem a jeho obvody (za daných předepsaných podmínek) s ohledem na součásti rozváděče, jejich uspořádání a jmenovité hodnoty tak, aby nedošlo k překročení mezních hodnot oteplení.

Oteplení prvku nebo části rozváděče je definováno jako rozdíl teploty mezi sledovaným prvkem nebo částí rozváděče a teplotou vzduchu vně rozváděče. Pokud nastane mimořádná situace, kdy střední hodnota okolního vzduchu přesáhne teplotu 35 °C, musí součet teploty okolí a dílčích mezí oteplení zůstat stejný. Důsledkem oteplení nesmí v žádném případě dojít k poškození proudovodných částí nebo přilehlých částí rozváděče. U izolačních materiálů výrobce dokazuje např. teplotním indexem, že vlivem oteplení nedojde k jejímu porušení.

Zkratová ochrana a zkratová odolnost – rozváděče musí odolat dynamickému a tepelnému namáhání zkratovými proudy nepřevyšující jmenovité hodnoty. Zkratové namáhání rozváděče může být sníženo volbou vhodných zařízení omezujících zkratový proud. Před účinky zkratových proudů musí být rozváděče chráněny jističi, pojistkami nebo jejich kombinací.

Zkratová jistící zařízení rozváděčů, vestavěná do přívodní jednotky, musí mít uvedenou maximální dovolenou velikost předpokládaného zkratového proudu na vstupních svorkách rozváděče. Tuto důležitou informaci musí uvádět výrobce rozváděče a zároveň hodnota předpokládaného zkratového proudu na vstupních svorkách nesmí přesáhnout uvedené jmenovité hodnoty. Jestliže je v rozváděči použit jistič se zpožděnou spouští, musí výrobce rozváděče určit maximální dobu jeho zpoždění a proudové nastavení náležící předpokládané velikosti zkratového proudu. Dále musí výrobce rozváděče uvést u zařízení jistící před zkratem jistící charakteristiky.

U rozváděčů s více přívodními jednotkami, které nebudou současně v provozu, může být stanovena zkratová odolnost zvlášť pro každou přívodní jednotku. Pokud má rozváděč více přívodních jednotek, které budou s největší pravděpodobností pracovat současně a má-li rozváděč pouze jednu jednotku přívodní a jednu nebo několik jednotek vývodních s vysokým výkonem, které budou pravděpodobně přispívat do zkratového proudu, je nutné stanovit velikost předpokládaného zkratového proudu v každé přívodní a vývodní jednotce a na přípojnicích.

2. MODULÁRNÍ SYSTÉM ROZVÁDĚČŮ MNS

Následující kapitola, včetně všech podkapitol, byla zpracována podle příručky [1] popisující provedení rozváděčů MNS. V kapitole jsou uvedeny technické parametry rozváděčů, popis jejich mechanického provedení, uspořádání přípojnicového systému, rozdělení prostor rozváděče a způsob řešení přívodních a vývodních jednotek.

Modulární systém rozváděčů nízkého napětí MNS od společnosti ABB s.r.o. je systém založený na modulárním principu, využívající standardizovaných komponent jak v elektrické, tak v mechanické části. Díky tomu systém umožňuje flexibilní a kompaktní návrh rozváděčů, jejichž konstrukce splňuje požadavky dané normou IEC 61439-1/-2. K dispozici jsou různé varianty návrhu v závislosti na provozních podmínkách a umístění zařízení. Typické uspořádání rozváděče MNS je uvedeno na *Obr. 2-1*.

Obr. 2-1 - Rozváděč systému MNS [1]

Mezi hlavní výhody systému s ohledem na aspekty návrhu patří:

- Optimální ochrana obslužného personálu a jednotlivých zařízení
- Návrh ověřený typovými zkouškami zahrnující odolnost vůči oblouku
- Vysoká provozní spolehlivost a dostupnost
- Odolnost provedení vůči zemětřesení, vibracím a rázům
- Bezúdržbové přípojnice a rámová konstrukce
- Jednoduché dovybavení na požadovanou úroveň
- Kompaktní a prostorově úsporný design
- Snadná montáž bez potřeby speciálních nástrojů

Díky těmto a dalším vlastnostem je systém MNS vhodný pro použití ve spoustě průmyslových odvětví. Příkladem jsou rafinerie a ropné plošiny, chemický a petrochemický průmysl, elektrárny, úpravny vod, těžební průmysl, ocelárny, potravinářský průmysl atd. Vybrané technické parametry rozváděčů MNS jsou uvedeny v příloze A práce na str. 82. Potenciální zákazník může u výrobce požadovat kromě speciálních testovacích certifikátů např. i zvláštní úpravu přípojnic (plnou izolaci, postříbření, či pocínování).

2.1 Mechanické provedení

Základním prvkem rámové konstrukce MNS jsou ocelové profily tvaru „C“ s roztečí otvorů 25 mm dle normy DIN 43660. Těchto 25 mm je shodných s rozměrem 1E, který je u MNS používán k definování oblasti použití uvnitř rozváděče. Celý rám je sestaven z horizontálních a vertikálních dílců, které jsou k sobě přišroubovány tak, aby tvořily pevnou modulární strukturu. Rámová konstrukce MNS je na *Obr. 2-2*.

Obr. 2-2 - Rámová konstrukce MNS (vlevo) [1]

Obr. 2-3 - Rozváděč systému MNS bez krytů [1]

Na zařízení jsou použity samořezné bezúdržbové šrouby nebo šrouby s blokovací zarážkou ESLOK. Profily jsou také galvanicky chráněny (Al nebo Al/Zn) proti korozi. Rámová konstrukce rozváděčů MNS je rozdělena pomocí dělicích přepážek na další prostory. Interní dělicí přepážky omezují vliv elektrického oblouku a omezují oblast jeho působení pouze na místo vzniku. Rozváděčové funkční oddíly mohou být navzájem odděleny horizontálními dělicími přepážkami s větracími mřížkami nebo bez nich.

Uspořádání rozváděče MNS s odhalenými kryty je uvedeno na *Obr. 2-3*. Kryty, které se montují na kostru rozváděče jsou vyrobeny z ocelového plechu chráněného galvanickým pokovením a práškovým lakováním pro zajištění maximální odolnosti. Upevnění krytů dveří, střešních plechů a boční a zadní stěny je dosaženo pomocí samořezných šroubů. Výsledná konstrukce krytů se liší v závislosti na požadovaném stupni ochrany. V souladu s obecnou bezpečnostní filozofií systému MNS má každý oddíl, který vyžaduje přístup kvůli uvedení do provozu, provozování nebo údržbě, své vlastní dveře.

2.2 Přípojnicový systém

Prostor hlavních přípojnic systému MNS je umístěn v zadní straně rozváděče, což zajišťuje maximální vzdálenost mezi sběrnicemi a pracovníky obsluhy nebo údržby. Konstrukce hlavního přípojnicového systému je bezúdržbová a přípojnice jsou plně odděleny od přístrojového a kabelového prostoru.

Přípojnice, včetně všech jejich dílů, jsou vyrobeny z mědi podle normy DIN 40500. Existují také možnosti jejich povrchové úpravy stříbřením, cínováním nebo celkovou izolací pomocí teplem smrštitelných trubic. Uspořádání přípojnicového systému rozváděčů MNS je naznačeno na *Obr. 2-4*.

Obr. 2-4 - Přípojnicový systém rozváděčů MNS [1]

PEN přípojnice jsou standardně vedeny horizontálně přední částí rozváděče těsně nad základnou a kabely jsou vedeny ve svislém směru na pravé straně kabelového prostoru. PE přípojnice rozváděče je dále z důvodu vyrovnání elektrického potenciálu připojena k rámu. Pro aplikace, kde jsou spínány čtyři póly nebo je vyžadována 50 % nebo 100 % velikost nulové přípojnice v důsledku nevyváženosti nebo harmonického zkreslení, může být nulový vodič v přípojnicovém prostoru veden paralelně s přípojnicemi hlavními.

Distribuční přípojnice (ve tří nebo čtyřpólovém provedení) jsou umístěny vertikálně po celé výšce přípojnicového prostoru a standardně postříbřeny. Tyto přípojnice spojují hlavní přípojnice se silovými kontakty modulů rozváděče, přičemž spojení je zajištěno kontaktními pružinami, které s požadovaným přítlakem působí na kontaktní nože a umožňují tak pevné spojení.

2.3 Rozdělení prostor a funkční oddíly

Rozváděče v sobě obecně zahrnují různé přístroje k ochraně, měření, řízení, signalizaci a spoustě dalších procesů, které jsou k jejich funkci nezbytné. Ze zřejmých důvodů je nutné tyto přístroje vhodně rozdělit do jednotlivých částí rozváděče, aby byla zajištěna maximální spolehlivost a bezpečnost provozu. Systém MNS je v tomto případě rozdělen na přívodní a vývodní část. Přívodní část je dále vertikálně rozdělena na tři oddíly a vývodní část se skládá z přístrojového a kabelového prostoru.

Rozdělení prostor MNS je uvedeno na *Obr. 2-5*.

Rozdělení prostor MNS:

Přívodní jednotka:

1 – Přístrojový prostor

3 – Prostor přípojnic

Vývodní jednotka:

1 – Přístrojový prostor

2 – Kabelový prostor

3 – Prostor přípojnic

Obr. 2-5 - Rozdělení prostor rozváděče MNS [1], upraveno

2.3.1 Přívodní jednotka

Prostřednictvím přívodní jednotky je do rozváděče přiváděna elektrická energie. Přívodní jednotka se v případě MNS dělí na tři oddíly (horní, SCPD a dolní), přičemž každý z nich má své vlastní dveře.

Prostřední oddíl SCPD v sobě sdružuje zařízení pro ochranu před zkratovými proudy v pevném nebo výsuvném provedení. V závislosti na druhu přívodu (ze shora nebo zespod) je oddíl s pomocnými přístroji umístěn buď v horní, nebo ve spodní části přívodní jednotky.

Prostor přípojnic zahrnuje hlavní přípojnicový systém, ke kterému mohou být připojeny distribuční přípojnice nebo jiné jednotky.

2.3.2 Vývodní jednotka

Skrze tuto jednotku jsou v rozváděči napájeny výstupní obvody. Jak je naznačeno na *Obr. 2-5*, vývodní jednotka je rozdělena na tři části – přístrojový prostor, kabelový prostor a prostor přípojnic. V přístrojovém prostoru jsou umístěny všechny přístroje, včetně modulů motorových spouštěčů ve výsuvném provedení. Tento prostor může být dále rozdělen do vertikálních a horizontálních sekcí.

Kabelový prostor obsahuje ovládací kabely a svorkovnice, a také silové kabely a připojovací jednotky. Vstup do tohoto prostoru může být proveden spodem, či ze shora.

Přípojnicový prostor zahrnuje (stejně jako přívodní jednotka) hlavní přípojnicový systém a distribuční přípojnice, které se nachází v tzv. multifunkční stěně (MFW). Stěna je umístěna mezi přístrojovým a přípojnicovým prostorem.

2.4 Řešení přívodní jednotky

Všechna přívodní řešení systému MNS jsou provedena v souladu s IEC 61439-1/-2, s dodatkem IEC 60947-1 pro jednotlivé komponenty, a navržena s ohledem na požadavky normy IEC 61641. Tím je zajištěna dostatečná bezpečnost provozu zařízení.

Z hlediska požadavků kladených na chránění přívodů, existují tři možnosti řešení hlavního jistícího zařízení. Jsou to:

1. Pojistkové odpínače
2. Kompaktní jističe MCCB
3. Vzduchové jističe ACB

Často používaným řešením jsou vzduchové jističe ACB, které mají přinejmenším následující funkce:

- Ovládací páku a indikaci přívodního napětí
- Manuální tlačítka k zapnutí a vypnutí
- Mechanickou indikaci kontaktů otevřeno/ zavřeno
- Mechanickou signalizaci průchodu nadproudu
- Čtyři pomocné kontakty

Výsuvné řešení jističů ACB se skládá ze dvou komponent – zabudované části (pouzdra) a výsuvné části (samotného ACB). Vzduchový jistič se může nacházet ve třech pozicích:

- **CONNECTED** (připojeno) – pohyblivá část je vložena do pevné části a svorky silových a ovládacích obvodů jsou připojeny. Jistič je v provozu a mechanický indikátor ukazuje stav „CONNECTED“.
- **TEST/ISOLATED** (test/ izolováno) – pohyblivá část je vložena do pevné části, ovládací obvody jsou připojeny bez připojení obvodů silových. Jistič může být použit pro offline testy. Mechanický indikátor ukazuje stav „TEST ISOLATED“.
- **DISCONNECTED** (odpojeno) – výsuvná část je vložena do pevné části bez připojených silových a ovládacích obvodů. V této pozici je zabráněno provozu ACB a mechanický indikátor ukazuje stav „DISCONNECTED“. Dveře rozváděče v tomto případě mohou zůstat zavřené, čímž nedojde k degradaci úrovně IP.

2.5 Řešení vývodní jednotky

Výsuvné moduly jsou ideálním řešením pro přístup k vnitřním obvodům rozváděče a vyžadují minimální čas potřebný k jejich výměně. Použití plug-in modulů je dále praktickým řešením v instalacích, kde vnitřní přístup do rozváděče není překážkou. V závislosti na variantě výstupních modulů se také mohou lišit dovednosti obsluhy a údržby. Požadavky na rozváděče se totiž liší projekt od projektu a MNS v tomto případě umožňuje sestavit zařízení tak, aby vyhovovalo všem provozním procesům. Vysoká dostupnost k těmto procesům je přitom nezbytnou nutností.

2.5.1 Výsuvné moduly

Technika výsuvných modulů se ukazuje být vhodným řešením v průmyslových aplikacích, kde jsou požadavky na vysokou spolehlivost nezbytnou nutností – zejména jedná-li se o motorová ovládací centra MCC. Moduly musí být za daných provozních podmínek snadno vyměnitelné, čímž je zajištěna maximální flexibilita tohoto použití.

Zcela kompaktním designem se vyznačují malé moduly, jejichž nejmenší velikost se označuje jako 8E/4 – tzv. „čtvrtkový modul“. Těchto modulů lze do přístrojového prostoru teoreticky umístit až 36. Jejich kompaktní velikost umožňuje zařízení maximalizovat možnost využití dostupného prostoru, což značně snižuje celkovou velikost rozváděče. Horizontální distribuci výkonu z vertikálních přípojnic přitom umožňuje jednotka kondaptoru, která je k dispozici ve tří nebo čtyřpólovém provedení.

Místo čtyř modulů velikostí 8E/4 lze do rozváděče vedle sebe vložit dva „půlkové“ moduly velikostí 8E/2. Kabelové připojení k hlavním a pomocným obvodům je také provedeno přes kondaptor a je přístupné z kabelového prostoru. Způsob realizace výsuvných modulů je naznačen na *Obr. 2-6*.

Obr. 2-6 - Výsuvné moduly velikostí 8E/4 (vlevo), 8E/2 (uprostřed) a 8E (vpravo) [1]

Moduly v celé šířce přístrojového prostoru jsou k dispozici ve velikostech od 4E až do 48E. Konstrukce těchto modulů se mírně liší od modulů malých tím, že využívají ve své plné šířce dveře. Všechny provozní operace s moduly tudíž nevyžadují proces otevírání dveří.

Tyto moduly jsou napřímo spojeny s distribučními přípojnicemi přes multifunkční zeď. Návrh modulu umožňuje, aby mohly být pomocné přístroje umístěny na vertikálních a horizontálních montážních deskách uvnitř modulu, čímž se optimalizuje využití dostupného prostoru. Kabelové připojení k hlavním a pomocným obvodům je (stejně jako u menších modulů) umožněno z kabelového prostoru.

Manipulace s výsuvnými moduly je prováděna pomocí multifunkční kliky, která umožňuje elektrické a mechanické propojení modulu a jeho dveří s rozváděčem. K vysunutí modulu nejsou nutné žádné další nástroje nebo odblokovací zařízení, čímž výměna zabere méně než minutu (reálně pár sekund). Výměnu, stejně jako dodatečné vybavení modulu, lze provádět i v provozním stavu.

Kliky výsuvných modulů mohou být nastaveny do různých pozic, kde všechny tyto pozice jsou na modulu přehledně vyznačeny v souladu s normou IEC 61439-1/-:

- **ON** (zapnuto) – modul je vložen, kontakt hlavního jističe je uzavřen, hlavní a ovládací obvod je připojen.
- **OFF** (vypnuto) – modul je vložen, kontakt hlavního jističe je otevřen, hlavní a ovládací obvod je odpojen a pozici je možno uzamknout.
- **TEST** (test) – modul je vložen, kontakt hlavního jističe je otevřen, hlavní obvod je odpojen, ovládací obvod je připojen a pozici je možno uzamknout.
- **ISOLATED** (izolováno) – modul je vysunut o 30 mm z vložené pozice, kontakt hlavního jističe je otevřen, hlavní a ovládací obvod je odpojen a pozici je možno uzamknout.
- **MOVE** (vysunuto) – modul může být úplně vysunut z rozváděče.

2.5.2 Slimline a plug-in moduly

MNS nabízí řadu alternativ plug-in modulů. Při využití multifunkční stěny mají všechny moduly možnost být vyměněny bez toho, aby muselo být zařízení rozváděče vypnuto, což je výhodné především z hlediska údržby. Flexibilita systému nabízí možnost distribuce elektrické energie a ovládání motorů v nejhospodárnější formě.

Pojistkový odpínač, tzv. slimline (na *Obr. 2-7*), umožňuje nejkompaktnější distribuci energie a je nabízen ve tří nebo čtyřpólové verzi. Toto zařízení je nabízeno ve standardních modulech s maximálním jmenovitým proudem do 630 A.

Obr. 2-7 - Slimline moduly [1]

Manipulace se slimline moduly je umožněna pomocí rukojetí na přední straně, která navíc nabízí prostor pro umístění zámku a zahrnuje mechanickou indikaci stavu otevřeno/ zavřeno. V modulu jsou k dispozici také možnosti pro použití ampérmetru, pomocných kontaktů nebo indikátoru vyhořelé pojistky.

Do systému MNS lze dále umístit frekvenční měniče AC Industrial Drives od firmy ABB s.r.o. Rozváděč může obsahovat větší počet měničů v jedné sekci, přičemž každá má svůj vlastní izolátor, možnosti pro umístění filtru a panel k ovládání frekvenčního měniče umístěný na dveřích. Toto řešení umožňuje monitorovat a parametrizovat zařízení bez nutnosti otevření dveří.

3. PROJEKČNÍ SOFTWARE EPLAN

EPLAN Electric P8 je CAE software od společnosti EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG. Společnost byla založena v roce 1984 a nyní zaměstnává celosvětově více než 11 500 zaměstnanců. Předchůdcem verze EPLAN Electric P8 byl systém EPLAN 5 založený na operačním systému MS-DOS, přičemž z hlediska přístupu k projektování a tvorbě dokumentace se jednalo o menší revoluci. Oproti nadstavbám CAD systémů nabízel EPLAN 5 řadu nových funkcí a stal se standardem pro tvorbu elektrotechnické dokumentace [5].

V současné podobě slouží EPLAN Electric P8 pro projektování, tvorbu dokumentace a řízení projektů v elektrotechnické výrobě a automatizaci. Hlavní předností softwaru je možnost projektování rozsáhlejších funkčních celků, kdy se projeví jeho užitečné vlastnosti. Při projektování méně rozsáhlých celků je potenciál softwaru nevyužit a působí lehce těžkopádně, a to především z pohledu integrace do projekční organizace. Vytváření a editace dokumentace poté ztrácí na efektivitě a v mnoha případech lze dosáhnout stejných výsledků s nástroji CAD. Pro začlenění programu EPLAN Electric P8 do projekční organizace je hlavním argumentem především míra integrace [5].

3.1 Systémové požadavky

Pro provoz platformy EPLAN je podle [6] nutné mít nainstalovaný .NET Framework 4.0 společnosti Microsoft. V aktuální verzi 2.7, která je použita pro účely této práce, jsou programy platformy EPLAN k dispozici pouze jako 64bitová verze pro následující operační systémy: Microsoft Windows 7, 8, 8.1 a 10.

Pro optimální chod softwaru společnost uvádí požadavky na hardware pracovního počítače, které jsou shrnuty v *Tab. 3-1*. Kromě toho je doporučeno používat rychle taktovaný počítač s méně jádry CPU před pomaleji taktovaným počítačem s více jádry CPU. Pro použití systému Pro Panel by měla být dle [6] použita grafická karta srovnatelná s Nvidia Quadro 600.

Tab. 3-1 - Požadavky na hardware programu EPLAN Electric P8 [6]

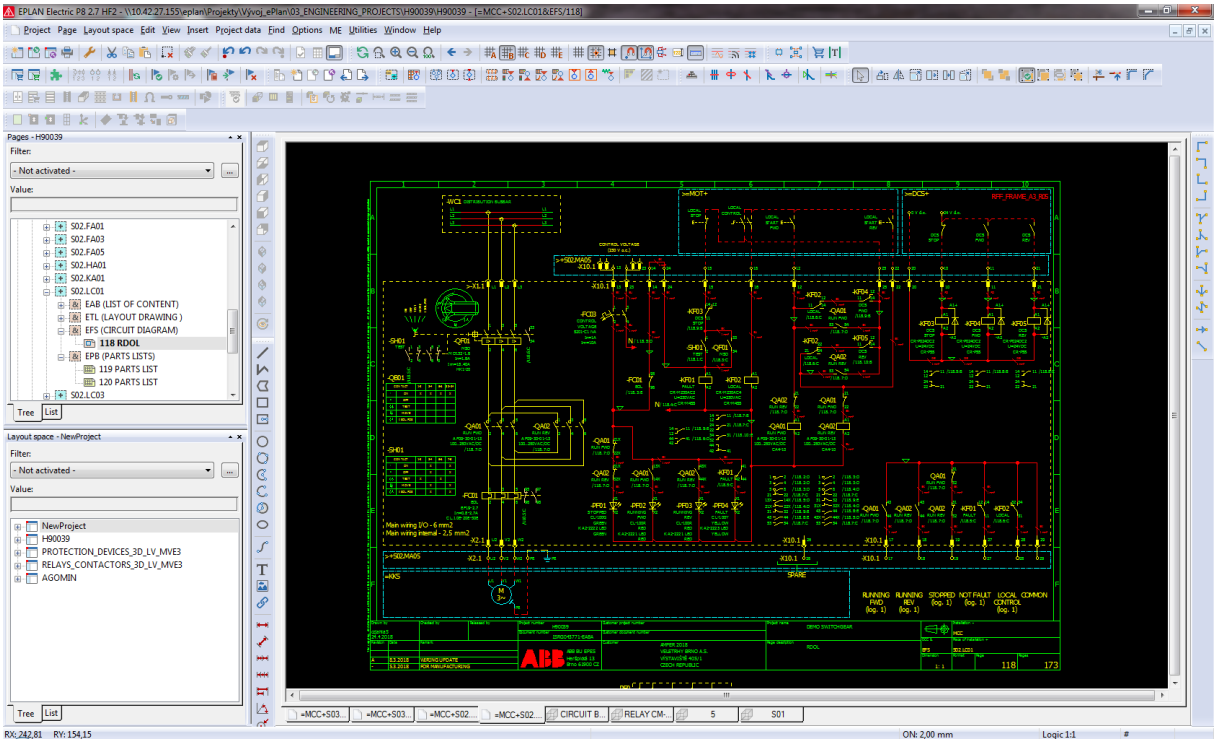
Procesor	Vícejádrová CPU, ne starší než 3 roky
Pracovní paměť	8 GB
Pevný disk	500 GB (15GB volného místa)
Monitor, grafické rozlišení	2 LCD obrazovky 21" s ful HD rozlišením
3D zobrazení	Grafická karta AMD nebo Nvidia s aktuálním ovladačem OpenGL

Výrobce dále doporučuje použití sítí Microsoft Windows s přenosovou rychlostí sítě serveru 1 Gbit/s a přenosou rychlostí sítě klientského počítače 100 Mbit/s. Doporučené servery SQL (64 bitů) jsou tyto [6]:

- Microsoft SQL Server 2008 R2
- Microsoft SQL Server 2012
- Microsoft SQL Server 2014

3.2 Výhody oproti CAD nástrojům

EPLAN v porovnání s obyčejnými nástroji pro kreslení (např. AutoCAD), poskytuje i automatické funkce, jako kontrola chyb nebo křížové odkazy, s použitím databáze artiklů. Tím dochází ke zkrácení doby potřebné pro tvorbu projektů a maximální automatizaci [7].



Obr. 3-1 - Elektrické schéma v programu EPLAN P8 v 2.7

Nástroje typu CAD mají pro projektování a konstrukci jen omezené možnosti. V těchto systémech lze navrhnout jednotlivá zařízení, avšak popisky a další tabulky je nutné psát v MS Excel nebo podobném programu. Takové prostředí nedokáže vzájemně propojit různé inženýrské disciplíny tak, aby konstruktéři mohli sdílet výsledky své práce a mohli pracovat společně. Další nevýhodou CAD systémů je absence nástrojů sloužících k archivaci projektů a jejich použití v opakujících se sestavách. Tento proces sebou totiž nese velké riziko vnesení chyb do projektu, které se následně těžce odhalují a odstraňují. Těmto chybám lze předejít použitím uceleného softwaru, který jednotlivé oblasti (mechanika, elektronika atd.) neodděluje, ale naopak na ně nahlíží jako na vzájemně propojené oblasti [7].

3.3 Projekty a jejich struktura

Projekt v systému EPLAN Electric P8 je podle [7] soubor jednotlivých stran projektů, jako jsou schémata, rozpisky a další. Projekt vedle stránek projektu obsahuje také všechna kmenová data, která jsou v projektu použita (symboly, rámečky, formuláře, data artiklů atd.). Jednotlivé projekty jsou následně spravovány ve speciální databázi, v tzv. správě projektů. Projekty se ukládají do určeného adresáře a každý z nich přitom musí mít svůj unikátní název.

Ve struktuře projektu musí být každý přístroj jednoznačně označen, a to kombinací písmen, číslic nebo obojím. Povolená označení, jejich struktura a význam jsou definovány v průmyslových a podnikových normách. EPLAN dokáže vytvářet strukturu definovanou uživatelem nebo normované národní a mezinárodní označení, které je uvedeno níže. Poslední dvě normy však nejsou zpracovány ve všech detailech: EN 61346 (IEC 1346), DIN ISO 1219, NFPA, NEC, GOST [7].

Objekty projektu musí být označeny a musí se nacházet v hierarchické struktuře, ve které se tyto objekty lépe hledají a přiřazují. Jednotlivé struktury se označují pomocí tzv. identifikátorů struktury, které lze uživatelsky nastavit (např. název struktury, místo montáže atd.). V základním nastavení jsou použity dva identifikátory, a to = a + [7].

V případě návrhu prezentačního rozváděče představují identifikátory následující označení:

= …název rozváděče,

+ …označení pole v rozváděči,

. …umístění v poli,

- …označení přístroje.

3.4 Vyhodnocení a export dat

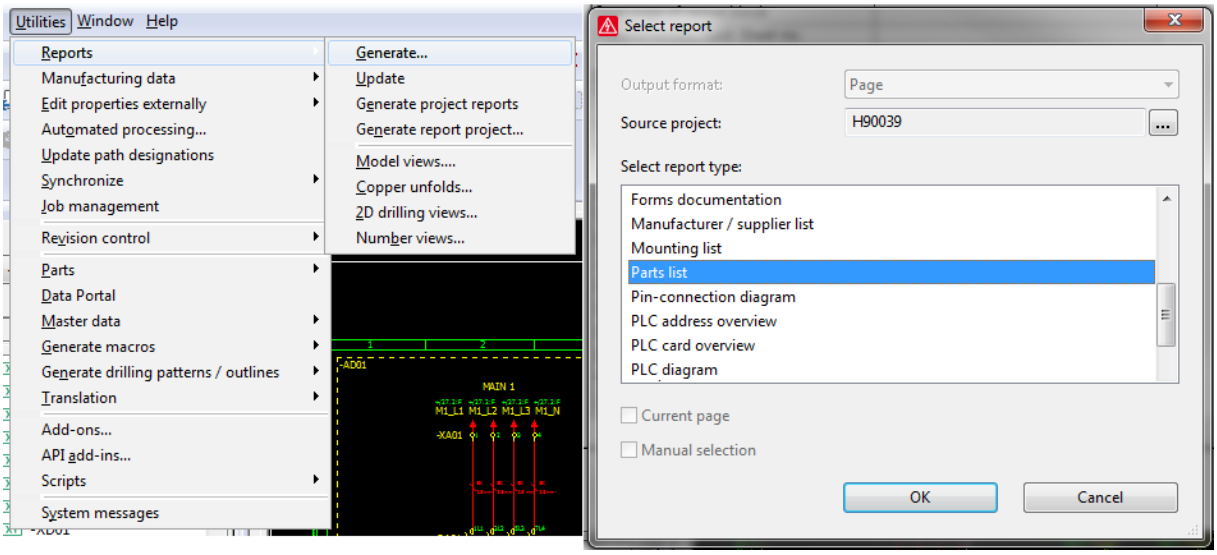
EPLAN nabízí několik přednastavených možností vyhodnocení (např. kusovník artiklů, plán kabelů, plán svorkovnice atd.), které dokáže na základě informací ve schématu automaticky generovat. V programu je možno vytvářet i své vlastní šablony vyhodnocení, které mohou sloužit specifickým potřebám firmy nebo například umožňovat propojení se stroji ve výrobě [7].

Vyhodnocení umožňuje automatické generování cílených dat projektu, která lze zobrazit přímo na stránkách programu EPLAN nebo v externích souborech (např. pro účely popisu etiket součástí). Kromě toho je možné umísťovat vyhodnocení přímo na stávající stranu projektu, kde bude sloužit jako legenda. Vyhodnocení lze rozdělit následovně podle několika typů [8]:

1) *Vyhodnocení dle funkce:* plán napojení přístroje, plán kabelů, plán napojení kabelu, plán svorkovnice, plán napojení svorkovnice, přehledové schéma svorkovnice, legenda skříně, legenda PCT loop, PLC diagram, plán konektoru, plán napojení konektoru, topologie: plán tras a přehled symbolů.

2) *Vyhodnocení pro přehledy vyhodnocení:* kusovník artiklů, souhrnný kusovník artiklů, seznam přístrojů, dokumentace formulářů, seznam výrobců/ dodavatelů, obsah, seznam kabelů, schéma zapojení kabelů, seznam svorkovnic, montážní seznam, dokumentace rámečků, přehled potenciálů, přehled procesů, přehled revizí, PLC přehled karet, seznam konektorů, topologie: seznam tras, přehled identifikátorů struktury, titulní strana, seznam spojů, přehled variant projektu, přehled objektů zástupných pozic, topologie: položené kabely/ spoje, předběžné plánování: přehled segmentů struktury, předběžné plánování: plán segmentů struktury, předběžné plánování: přehled objektu plánování a předběžné plánování: plán objektu plánování.

3) *Vyhodnocení pro grafická vyhodnocení:* postupový diagram.



Obr. 3-2 - Generování kusovníku artiklů z programu EPLAN Electric P8

Export dat lze v programu EPLAN provádět do různých typů formátů. Software podporuje import a export souborů DXF a DWG firmy Autodesk. Tyto formáty mají však omezené možnosti použití a chybí zde možnost reprodukovat logické vazby, které jsou pro schéma zapojení charakteristické. Proto je rozhraní DXF a DWG určeno především k importu/ exportu obecné grafiky, neboť logické informace stránek schémat zapojení přenášet nelze. Import zmíněných rozhraní je také omezen pouze na dvourozměrné výkresy [7].

Další možností exportu je formát PDF, který zpracovává logické elementy a propojení ze schématu. Tento formát umožňuje kvalitní archivaci projektů, protože se PDF souboru se přenáší nejen čistá grafika, ale také značná část logické struktury projektu EPLAN. V PDF souborech je také dobrá možnost navigace, jako jsou skoky ze záložek na stránky i skoky mezi spojenými elementy uvnitř stránek. Součástí dokumentace PDF mohou být i technické listy, obrázky a další dokumenty. Tyto informace jsou uvedeny v databázi artiklů a jsou systémově přiřazovány k dokumentaci [7].

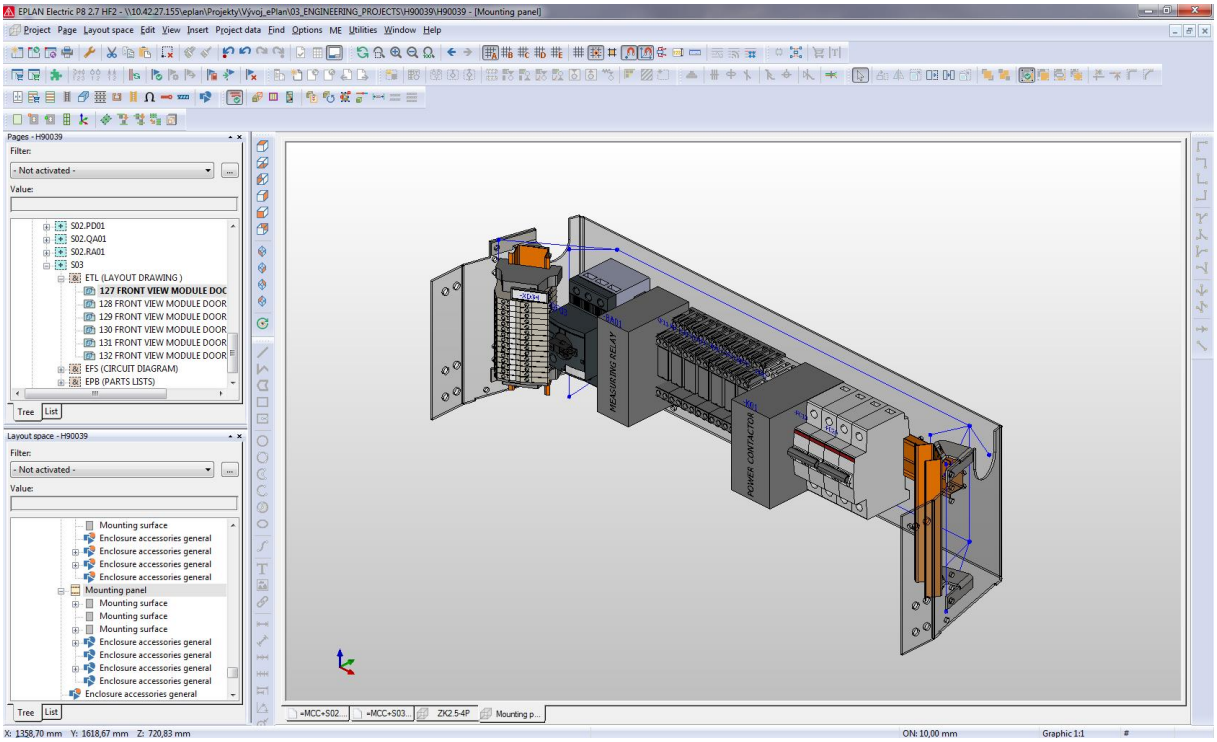
EPLAN dále nabízí možnost exportovat stránky projektu do různých grafických formátů (BMP, JPG, TIFF, GIF), které mohou být použity např. pro účely archivace. Při exportu stránky je vygenerován jeden obrázkový soubor, jehož název odpovídá úplnému názvu stránky. V případě exportu celého projektu je v cílovém adresáři vytvořen podadresář s názvem projektu a stávající soubory jsou bez dotazu přepisovány [7].

3.5 Pro Panel

EPLAN Pro Panel je CAE řešením pro 3D projektování řídicích skříní a rozvaděčových systémů. Software zahrnuje 3D projektování elektrické a hydraulické konfigurace řídicích skříní, virtuální 3D zapojení vodičů a generování NC dat pro montáž kabelových svazků a obsluhu výrobních strojů, dále 3D konfigurace pro elektrické napájecí a měděné lišty včetně integrace pro účely výroby. Platforma EPLAN vzájemně propojuje řízení konfigurace s 3D montáží řídicí skříně. Konzistentní výměna dat zvyšuje kvalitu projektu a trvale zrychluje celkový proces technického projektování a plánování [9].

Pro Panel slouží pro účely této práce jako nástroj pro modelování přístrojových prostorů. Pro každý přístrojový prostor muselo být zvlášť připraveno 3D makro, což zahrnovalo definici montážních panelů a jednotlivých montážních ploch, na které byly poté umístěny držáky s DIN lištami. Na DIN lišty se poté umísťovaly přístroje v podobě 3D maker, která musela být připravena předem.

3D modely některých přístrojů lze volně stáhnout na internetu nebo je možné je přímo vymodelovat v CAD programech, jako např. SolidWorks. Z CAD programu se 3D model následně vyexportuje do programu EPLAN Pro Panel, kde se makro připraví k použití (je nutné definovat montážní plochu přístroje, viditelné označení, připojovací body atd.). Příklad použití nástroje Pro Panel je na *Obr. 3-3*, kde je znázorněn vymodelovaný přístrojový prostor rozváděče v horní části sekce +S03.



Obr. 3-3 - 3D model v programu EPLAN Pro Panel

Po osazení 3D maker přístrojů na DIN lišty je nutné definovat kabelové trasy. Kabely vedou z přístrojů přes kabelové žlaby do svorkovnice, ze které dále vedou do kabelového prostoru rozváděče. EPLAN Pro Panel v tomto případě umožňuje sledovat zaplněnost kabelových žlabů, což je velkou výhodou, protože uživatel tak může žlaby rozšiřovat podle potřeby. K dispozici jsou navíc i informace o délkách použitých kabelů, což usnadňuje a urychluje celkový proces projektování.

4. PREZENTAČNÍ ROZVÁDĚČ NN

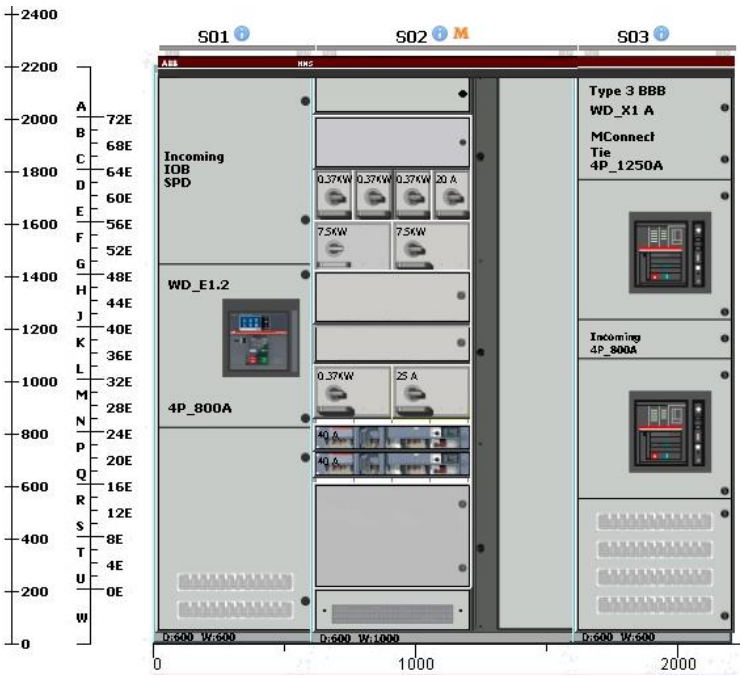
Navržený prezentační rozváděč nízkého napětí je obdobou systému MNS 3.0, který byl představen v předchozích kapitolách a je vyráběn společností ABB s.r.o. Konkrétně se jedná o motorové řídicí centrum (MCC), takže rozváděč slouží především pro napájení a řízení motorových jednotek, které nachází uplatnění v průmyslu a jiných odvětvích.

4.1 Postup při návrhu

Návrh rozváděče je proveden s ohledem na účel jeho použití, kterým je v tomto případě především prezentace nejmodernějšího zařízením společnosti ABB s.r.o., které je aktuálně dostupné na trhu. Sestavování tohoto zařízení bylo provedeno na adrese Heršpická 13 v Brně, kde se nachází divize rozváděčů nízkého napětí. Hlavním důvodem ke konstrukci rozváděče byla prezentace na elektrotechnickém veletrhu Ampér 2018, kde měl být rozváděč z hlediska funkčnosti prezentován potenciálním zákazníkům.

Prvním aspektem při návrhu bylo určení počtu polí rozváděče. Vzhledem k tomu, že rozváděč má využívat funkci automatického záskoku, bylo nutné uvažovat dvě přívodní pole se dvěma hlavními jističi. Další hlavní jistič (spojka) mohl být umístěn do druhého přívodního pole, takže nebylo nutné rozváděč rozšiřovat. Celkem má tedy zařízení tři pole, přičemž přístrojová jednotka a kabelový prostor jsou umístěny uprostřed. Mechanická konstrukce rozváděče se vyznačuje stejnou šířkou jednotlivých polí (600 mm), přičemž šířka kabelového prostoru je 400 mm (celkem tedy 2200 mm). Výška rozváděče je 2200 mm a hloubka 600 mm.

Dále bylo nutné rozváděč nakonfigurovat v interním programu MNS Engineer, jak je uvedeno *Obr. 4-1*. MNS Engineer je standardizovaný nástroj pro konfiguraci rozváděčů MNS 3.0 a MNSiS využívaný firmou ABB s.r.o. Podle [7] se na základě nastavených parametrů z databáze programu vybírá nejvhodnější typové řešení rozváděče.



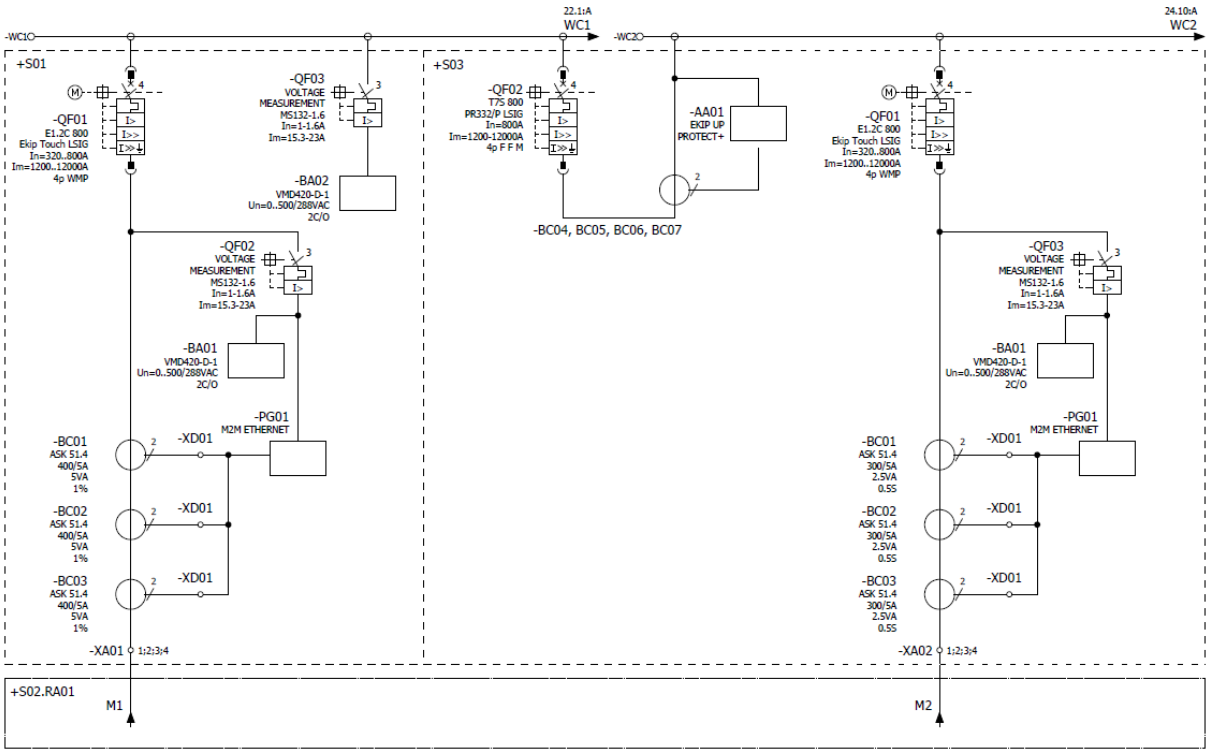
Obr. 4-1 - Konfigurace rozváděče v programu MNS Engineer

Ze sestaveného rozváděče je následně možno vytvářet např. seznamy materiálu, cenové kalkulace a vyhodnocení hmotností, zahřívání a časové náročnosti při výrobě. Ve spolupráci se softwarem jiných výrobců pak program umožňuje snadněji vytvářet výrobní výkresy.

V programu MNS Engineer se v tomto případě zvolil počet polí a provedlo se rozmístění hlavních jističů, jednotlivých výsuvných modulů a dalších částí. Nakonfigurovaná data se pak pomocí exportu přenesla do EPLANu, kde probíhaly další kroky návrhu.

Kompletní dokumentace k rozváděči byla vytvářena v programu EPLAN Electric P8 verze 2.7. Tato dokumentace byla vytvořena s využitím šablony pro tzv. Basic Project, do kterého se propsaly vybrané hodnoty z programu MNS Engineer, jako např. mechanické parametry rozváděče. Dokumentace vytvořená v programu EPLAN obecně obsahuje grafické uspořádání jednotlivých částí rozváděče, jednopólová a vícepólová schémata, topologii komunikací, provedení vnitřní kabeláže, zapojení vstupů a výstupů z PLC a další. Pro vytváření dokumentace byl využit také software pro 3D modelování EPLAN Pro Panel, ve kterém bylo navrhováno osazení jednotlivých přístrojů do přístrojových prostor.

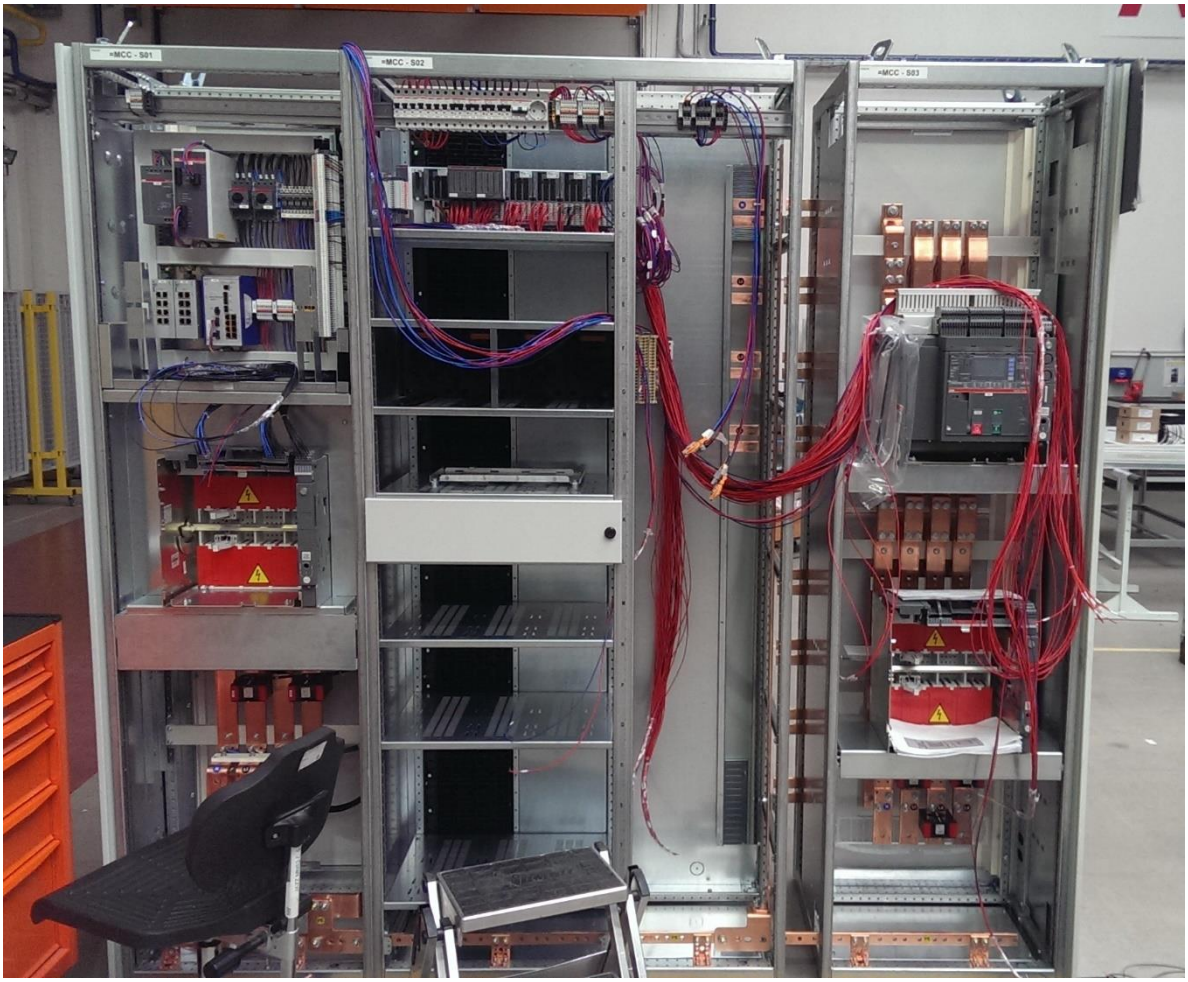
Schéma vstupního obvodu rozváděče bylo navrženo způsobem uvedeným na *Obr. 4-2*. Z přívodního modulu (plug-in) na pozici +S02.RA01 jsou vyvedeným kabelem napájeny dva přípojnicové systémy WC1 a WC2. Na vstupu hlavních přípojnic jsou v obou případech umístěny násuvné měřicí transformátory proudu, ze kterých je měřený proud přiveden do analyzátoru sítě M2M. Stejně tak je do M2M přivedena informace o měřeném napětí na vstupu do hlavních jističů. Kompaktní jistič ve třetí sekci (+S03) má k dispozici inteligentní ochrannou a měřicí jednotku Ekip Up, která mu umožňuje funkci automatického záskoku (podrobněji popsáno v kapitole o ATS na str. 42).



Obr. 4-2 - Jednopólové schéma vstupního obvodu rozváděče

Po navržení mechanického uspořádání a vstupního obvodu se mohlo začít s konstrukcí rozváděče, do kterého byla postupně umístěna multifunkční stěna. plechové přepážky pro oddělení jednotlivých prostor, kondaptory zajišťující vodivé spojení mezi distribučními přípojnicemi a svorkami přístrojů, a spousta dalších nezbytných prvků. Dále byly do rozváděče připevněny přípojnice a pouzdra pro vzduchové jističe. Kompaktní jistič v tomto případě pouzdro nemá, protože je k přípojnicím umístěn napevno.

Paralelně s tímto procesem byly zapojovány přístrojové prostory, které se poté do rozváděče vložily jako celková sestava. Nejprve byl zapojen přístrojový prostor na pozici +S01.AA01, který je na *Obr. 4-3* v rozváděči již zabudován. Dalším v pořadí byl přístrojový prostor ve spodní části sekce +S02 – tzv. plug-in, a poté prostor na pozici +S03.AA01, ve kterém je nyní na dveřích umístěn Ekip Up.



Obr. 4-3 - Rozpracovaný prezentační rozváděč MNS 3.0

Celkem osm výsuvných modulů rozváděče bylo sestavováno ve spolupráci v modulovými konstruktéry. Velkou výhodou při konstrukci modulů standardizovaných velikostí je, že mohou být vyráběny nezávisle na průběhu sestavování rozváděče a po jejich dokončení jsou do rozváděče jednoduše nasunuty. Moduly jsou navíc kompaktních rozměrů a mohou být bez složitých procesů transportovány z místa na místo, případně z jednoho rozváděče do druhého. Každý modul je však svou velikostí omezen pro určitý druh použití – motorové spouštěče ve

„čtvrtkových“ modulech např. nemohou umožňovat rozběh motoru s možností reverzace, protože do nich nelze umístit dva stykače. Proto se reverzační spouštěče vyskytují jen ve větších (tzv. „půlkových“) modulech. Obecně bylo snahou do těchto modulů umístit inteligentní motorové kontroléry společnosti ABB s.r.o. a demonstrovat na nich provoz jednotlivých motorů. Kromě toho bylo použito i konvenční provedení motorových spouštěčů jen se zkratovou ochranou, stykačem a tepelnou ochranou. Zbývající moduly, které neslouží pro rozběh motorů, mají distribuční funkci. To znamená, že mohou sloužit pro napájení světelných a zásuvkových obvodů, nebo také pro napájení frekvenčního měniče, ze které jsou opět napájeny motorové jednotky.

Stejně jako výsuvné moduly, mají i moduly slimline výhodu kompaktních rozměrů. Jedná se v podstatě o pojistkové odpínače (s proudovým měřením), které jsou v rozváděči umístěny napevno. Pro manipulaci s jejich pojistkami, které jsou viditelné přes průhlednou krytku, se využívá rukojeť na přední straně. Slimline moduly se do rozváděče objednávaly jako jeden celek s tím, že pokud slimline nezahrnuje inteligentní měření, je nutné k němu navíc objednat měřicí transformátory proudu a ampérmetry (v obou případech také i pojistky).

Po osazení všech komponent na stanovená místa mohl být rozváděč kompletně zapojen. Obvody pomocného a ovládacího napětí sahají do všech částí rozváděče (ať už se jedná o napájení přístrojů, osvětlení nebo signalizaci stavů do PLC), takže toto velké množství kabeláže zabralo poměrně dost času na kompletní zapojení. Veškeré pomocné a ovládací obvody musely být navíc chráněny řadou jističů, které jsou v tomto případě umístěny na DIN liště v horní části přístrojové sekce podle *Obr. 4-4*.

Obr. 4-4 - Jističe pomocných a ovládacích obvodů (včetně svorek)

Finálním krokem při konstruování rozváděče bylo vrtání a osazování dveří na jednotlivých pozicích. Do dveří bylo nutné vyvrtat otvory pro ovládací tlačítka, signalizační diody a ovládací panely. Ve většině případů bylo vrtání provedeno do plechových dveří, které se poté pomocí pantů přišroubovaly na požadované místo. U dveří na pozici +S01.AA01 bylo však vrtání navíc provedeno do plastového panelu, do kterého se nasunuly diody pro signalizaci stavu hlavního jističe, a také panel pro analýzu parametrů sítě. Foto kompletního rozváděče (včetně dveří) je uvedeno na *Obr. 4-5*. Tato fotka pochází z dílny společnosti ABB s.r.o. a byla pořízena poté, co byl rozváděč zkonstruován.

Obr. 4-5 - Kompletní prezentační rozváděč MNS 3.0

Po sestavení rozváděče musela být provedena kontrola správnosti návrhu. Techničtí pracovníci museli dle pokynů výrobce zkontrolovat tzv. běžnou zkouškou správnost instalace krytů a izolace, která musí být dodržena pro dosažení požadované úrovně ochrany. Dále musely být prověřeny povrchové a izolační vlastnosti z hlediska vzdáleností rozdílných elektrických potenciálů, které jsou dány normou ČSN EN 61439-1. Ochranné obvody musely být podrobeny zkoušce integrity elektrického spojení a musela být prověřena ochrana proti zasažení elektrickým proudem, včetně kontroly uzemnění rozváděče. Zapojení vypínacích zařízení a dalších obvodů rozváděče bylo kontrolováno v souladu s výkresovou dokumentací, kterou poskytl projektant.

Správnost funkce z hlediska mechanického provedení byla testována činností mechanických ovládacích prvků, jednotlivých západek a zámků. Jednalo se např. o ověření správné funkce multifunkčních klik výsuvných modulů nebo rukojetí slimline modulů. Dále byly prověřeny dielektrické vlastnosti rozváděče testovacím napětím pro rozváděčové systémy definované normou ČSN EN 61439-1, která uvádí zkoušku střídavým napětím na všech obvodech po dobu 1 s. Finálním krokem návrhu bylo označení rozváděče výrobním štítkem, který musí obsahovat všechny náležitosti, jako např. jméno výrobce, rok výroby nebo použitou normu. Výrobní štítek je uveden na *Obr. 4-8*.

4.2 Použité normy

Provedený návrh prezentačního rozváděče je v souladu s českými technickými normami (ČSN), uvedenými níže:

Pro samotný návrh byly použity normy ČSN EN 61439 pro *Rozváděče nízkého napětí*, a to zejména:

- **ČSN IEC/TR 61439-0** (*Rozváděče nízkého napětí - Část 0: Návod na specifikaci rozváděčů*) pro specifikaci rozváděče z hlediska jednotlivých parametrů, funkcí a charakteristik, které mají být při návrhu definovány.
- **ČSN EN 61439-1 ed. 2** (*Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení*) z hlediska proveditelnosti, všech ustanovení a požadavků všeobecného charakteru, které platí pro rozváděče nízkého napětí, aby se dosáhlo jednotnosti požadavků a jejich ověřování. Norma dále zahrnuje všechny všeobecné požadavky různých norem pro rozváděče nízkého napětí a jsou zde uvedeny specifické aspekty, které mají velkou důležitost a použití (např. oteplení, dielektrické vlastnosti atd.).
- **ČSN EN 61439-2 ed. 2** (*Rozváděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozváděče*) pro stabilní nebo mobilní, kryté nebo nekryté rozváděče, jejichž jmenovité napětí nepřesahuje 1000 V a.c. nebo 1500 V d.c. Rozváděče definované touto normou jsou používány v souvislosti s výrobou, rozvodem a přeměnou elektrické energie, a pro řízení elektrických spotřebičů.

Z hlediska obecných pravidel pro přidělování konkrétních významů jednotlivým signálům (vizuálním, akustickým a taktilním) s cílem zvýšení bezpečnosti osob, materiálních hodnot, životního prostředí atd. byla použita norma:

- **ČSN EN 60073 ed. 2** (*Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk-stroj, značení a identifikaci - Zásady kódování sdělovačů a ovládačů*), která platí pro navrhování jednoduchých (samostatných) prvků až po navrhování rozsáhlých řídicích pracovišť se širokým spektrem takovýchto prvků.

Všeobecné požadavky pro používání elektrických, elektronických a programovatelných elektronických zařízení a systémů u strojů, které nejsou během činnosti přenosné rukou, včetně skupiny strojů, které pracují společně koordinovaným způsobem, definuje norma:

- **ČSN EN 60204-1 ed. 2** (*Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky*), která platí pro elektrické zařízení nebo části elektrických zařízení, které pracují se jmenovitými napájecími napětími nepřesahujícími 1000 V a.c. a 1500 V d.c. a se jmenovitými napájecími kmitočty nepřesahujícími 200 Hz.

Dále byly zohledněny normy ČSN 33 2000-4 pro *Elektrické instalace nízkého napětí*, a to zejména:

- **ČSN 33 2000-4-41 ed. 3** (*Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*), která specifikuje základní požadavky týkající se ochrany před úrazem elektrickým proudem včetně základní ochrany (ochrany před přímým dotykem) a ochrany při poruše (ochrany před nepřímým dotykem) osob a hospodářských zvířat.
- **ČSN 33 2000-4-43 ed. 2** (*Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-43: Bezpečnost - Ochrana před nadproudy*) z hlediska ochrany živých vodičů jedním nebo více přístroji automatickým odpojením od zdroje v případě přetížení a zkratu. Norma uvádí též výjimky, kdy tuto ochranu není třeba zajišťovat.

Krytí rozváděče je předepsáno normou:

- **ČSN EN 60529** (*Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*), která klasifikuje stupně ochran krytem elektrických zařízení se jmenovitým napětím do 72,5 kV.

Dále byly použity normy ČSN EN 60947 pro *Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí*, a to zejména:

- **ČSN EN 60947-2 ed. 4** (*Spínací a řídicí přístroje nn - Část 2: Jističe*), která platí pro jističe, jejichž hlavní kontakty jsou určeny pro zapojení do obvodů, jejichž jmen. napětí nepřevyšuje 1000 V a.c. nebo 1500 V d.c. Norma obsahuje též doplňující požadavky pro jističe s vestavěnými pojistkami.
- **ČSN EN 60947-3 ed. 3** (*Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí - Část 3: Spínače, odpojovače, odpínače a pojistkové kombinace*), která platí pro spínače, odpojovače, odpínače a pojistkové kombinace, které mají být používány v distribučních a motorových obvodech, jejichž jmen. napětí nepřesahuje 1000 V a.c. nebo 1500 V d.c.
- **ČSN EN 60947-4-1 ed. 3** (*Spínací a řídicí přístroje nn - Část 4-1: Stykače a spouštěče motorů - Elektromechanické stykače a spouštěče motorů*), která platí pro střídavé a stejnosměrné stykače a střídavé spouštěče motorů, jejichž hlavní kontakty jsou určeny k zapojení do obvodů, jejichž jmen. napětí nepřesahuje 1 000 V a.c. nebo 1 500 V d.c.

Dokumentace k rozváděči je provedena v souladu s normou:

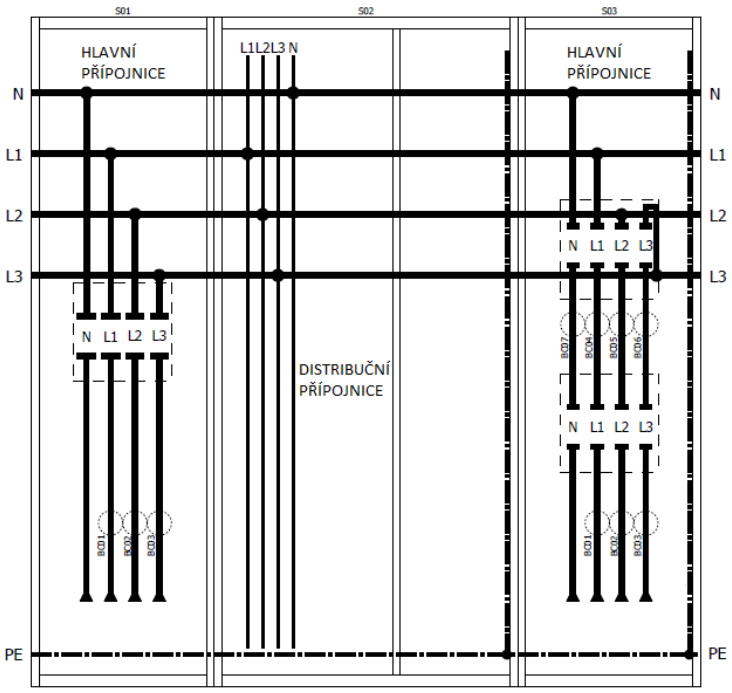
- **ČSN EN 61082-1 ed. 3** (*Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice - Část 1: Pravidla*), která poskytuje všeobecná pravidla a směrnice pro prezentaci/ uvádění informací v dokumentech a specifická pravidla pro schémata, výkresy a tabulky, používané v elektrotechnice.

Pravidla pro sestavování označení a názvů k identifikaci signálů stanovuje norma:

- **ČSN EN 61175-1** (*Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty - Označování signálů - Část 1: Základní pravidla*), která je použitelná pro všechny typy signálů v rámci průmyslového systému, instalace a zařízení a průmyslových produktů.

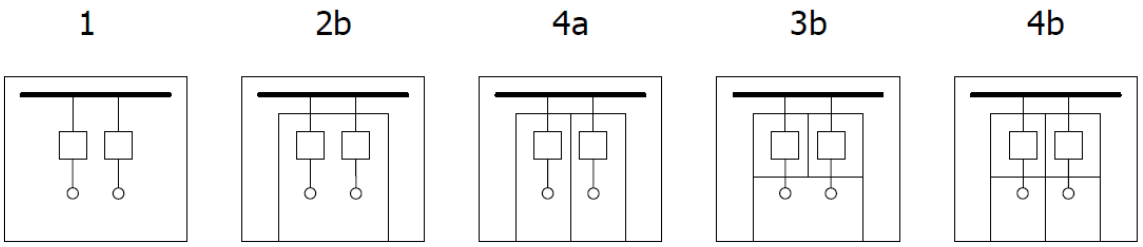
4.3 Základní parametry

Prezentační rozváděč (projekt H90039) byl navržen jako rozváděč typu MNS 3.0 pro vnitřní použití s vnějším stupněm krytí IP41. Zařízení je 2200 mm vysoké, 2240 mm široké a je rozděleno do tří jednotek, z čehož dvě jsou přívodní a jedna vývodní. Každá z přívodních jednotek má svůj hlavní jistič, přičemž v poslední jednotce je navíc umístěna „spojka“ (hlavní jistič č. 3), která spojuje hlavní přípojnicové systémy. Za normálního stavu jsou totiž sepnuty vždy dva ze tří hlavních jističů podle toho, kolik je k rozváděči připojeno napájecích zdrojů (v případě dvou zdrojů je spojka rozepnuta a v případě jednoho zdroje je sepnuta). Hlavní i distribuční přípojnice rozváděče jsou měděné a jejich uspořádání je uvedeno na *Obr. 4-6*.



Obr. 4-6 - Uspořádání přípojnic prezentačního rozváděče

Způsob dělení vnitřních prostor rozváděče je pro přívodní jednotky proveden formou 4a. To znamená, že prostor přípojnic je oddělen od funkčních jednotek, které jsou navíc (včetně svorek) odděleny navzájem. Svorky jsou v tomto případě ve stejném oddílu jako funkční jednotky. Vývodní jednotky jsou odděleny formou 3b, což je obdobné řešení jako 4a s tím rozdílem, že svorky vzájemně odděleny nejsou. Vybrané způsoby oddělení vnitřních prostor rozváděčů dle ČSN EN 61439-2 ed. 2 jsou naznačeny na *Obr. 4-7*.



Obr. 4-7 - Způsoby dělení vnitřních prostor rozváděče

Z elektrického hlediska byl rozváděč navržen tak, aby mohl být napájen z klasického trojfázového zdroje 3x400 V a.c. o frekvenci 50 Hz. Z tohoto důvodu je jmenovité pracovní napětí rozváděče 400 V a.c. (se jmenovitým izolačním napětím 690 V a.c.). Pro napájení pomocných obvodů je použito střídavé napětí 230 V a.c. nebo je použit napájecí zdroj na stejnosměrné napětí 24 V d.c.

Jmenovitý proud přípojnic je 800 A, přičemž rozváděč odolá krátkodobému (dynamickému) výdržnému proudu až 50 kA (105 kA). Stejně tak jmenovitý podmíněný zkratový proud rozváděče je stanoven na 50 kA. Další elektrické i mechanické parametry jsou uvedeny na výrobním štítku rozváděče na *Obr. 4-8* (na obrázku je uvedena česká verze tohoto štítku).

ABB **MNS 3.0 System** EAC CE

SÉRIOVÉ ČÍSLO	1000043771	OBJEDNACÍ ČÍSLO	-	
PROJEKT	H90039	ROK VÝROBY	2018	
HLAVNÍ OBVOD:				
JMENOVITÉ PRACOVNÍ NAPĚTÍ		Ue	400 VAC	50 Hz
JMENOVITÉ IZOLAČNÍ NAPĚTÍ		Ui	690 VAC	
JMENOVITÉ IMPULZNÍ VÝDRŽNÉ NAPĚTÍ		Uimp	6 kV	
ZEMNICÍ SYSTÉM			TN-S	
JMENOVITÝ PROUD		Ina	800 A	
JMENOVITÝ KRÁTKODOBÝ VÝDRŽNÝ PROUD		Icw	50 kA (1s)	
JMENOVITÝ DYNAMICKÝ VÝDRŽNÝ PROUD		Ipk	105 kA	
JMENOVITÝ PODMÍNĚNÝ ZKRATOVÝ PROUD		Icc	50 kA	
SOUČINITEL SOUDOBOSTI		RDF	0,6	
POMOCNÉ OBVODY				
JMENOVITÉ NAPĚTÍ OVLÁDACÍCH OBVODŮ		Uc	24 VDC	
JMENOVITÉ NAPĚTÍ NAPÁJECÍCH OBVODŮ		Us	230 VAC	50 Hz
JMENOVITÉ NAPĚTÍ POMOCNÝCH OBVODŮ		Ua	24 VDC	
MECHANICKÉ VLASTNOSTI				
TYP UMÍSTĚNÍ			Vnitřní	
TEPLOTA OKOLNÍHO VZDUCHU (DENNÍ PRŮMĚR)			35°C	
STUPEŇ ZNEČISTĚNÍ			3	
STUPEŇ OCHRANY (VNĚJŠÍ)			IP41	
STUPEŇ OCHRANY (VNITŘNÍ)			IPXXB	
ODDĚLENÍ VNITŘNÍCH PROSTOR (PŘÍVOD. / VÝVOD. JEDNOTKY)			4a	
ODDĚLENÍ VNITŘNÍCH PROSTOR (MODULY)			4b	
POVRCHOVÁ ÚPRAVA DISTRIBUČNÍCH PŘÍPOJNIC			Ag	
ŠÍŘKA			2240 mm	
NORMA		IEC 61439-2		

Obr. 4-8 - Výrobní štítek prezentačního rozváděče MNS 3.0

4.4 Použité přístroje

Následující kapitola popisuje klíčové přístroje rozváděče, jejichž funkčnost má být na rozváděči prezentována. Tyto přístroje spadají do portfolia novinek společnosti ABB s.r.o. a hrají v místě osazení důležitou roli. Z tohoto důvodu je nutné přinejmenším uvést jejich základní parametry a představit jejich funkční principy. Všechny ostatní přístroje jsou uvedeny v kusovníku použitých materiálů, který je součástí dokumentace k rozváděči a slouží jako příloha k této práci.

4.4.1 Hlavní jističe rozváděče

Hlavní jističe použité v rozváděči, tedy vzduchové jističe ACB a kompaktní jističe MCCB, slouží pro bezpečné spínání a vypínání obvodů elektrického systému. Oba druhy jističů v zásadě fungují na stejném principu. Jističe ACB se podle [13] většinou umisťují na přívodní stranu a kompaktní jističe MCCB na stranu řízení zátěže (spínací operace na straně zátěže jsou obvykle častější než na přívodu). Vzhledem k tomu, že technologie se stále zlepšují, zvyšují se i úrovně a spínací kapacity kompaktních jističů, a proto se objevují možnosti překrývání aplikací jističů ACB a MCCB.

Obecně mají jističe společné vlastnosti, jako je možnost nastavení vypínacích charakteristik, dále využívají magnetické/ tepelně-magnetické vypínací operace a mají magnetickou, tepelně-magnetickou, případně elektronickou vypínací spoušť. Hlavní rozdíly mezi uvedenými druhy jističů jsou následující [13]:

<u>Kompaktní jističe MCCB:</u>

- Jmenovité proudy do 3200 A
- Většina jističů má kategorii využití „A“ (dle IEC 60947-2 bez záměrného krátkodobého selektivního zpoždění v případě zkratu, a tudíž bez uvedené hodnoty krátkodobého výdržného proudu)
- Obecně jsou levnější než ACB

<u>Vzduchové jističe ACB:</u>

- Jmenovité proudy do 6300 A
- Většina jističů má kategorii využití „B“ (dle IEC 60947-2 se záměrným krátkodobým selektivním zpožděním v případě zkratu, tudíž s uvedenou hodnotou krátkodobého výdržného proudu)
- Obecně jsou dražší než MCCB

Dalšími společnými rysy obou druhů jističů jsou jejich ochranné funkce. Pro oba typy jističů použitých v rozváděči se jedná o ochranu typu LSIG, jejíž ochranné funkce jsou popsány na následujících řádcích. Každé z uvedených písmen je zkratkou pro typ ochranné funkce [K1]:

- **L** = ochrana proti přetížení, s časové závislým vybavením a dlouhou časovou prodlevou
- **S** = Selektivní zkratová ochrana s časově závislým nebo časově nezávislým vybavením a krátkou časovou prodlevou
- **I** = okamžitá zkratová ochrana s nastavitelnou vybavovací proudovou hodnotou
- **G** = Ochrana proti zemnímu spojení (na principu proudového chrániče – zbytkový proud, nebo na principu zpětného proudu přitékajícího zemí)

Konkrétní návrh jističů do prezentačního rozváděče byl proveden s ohledem na jmenovitý proud hlavních přípojnic (800 A) a také z hlediska reprezentativní funkce těchto moderních ochran, které umožňují funkci automatického záskoku ATS.

4.4.1.1 Vzduchové jističe SACE Emax 2

Pro chránění přívodů rozváděče byly zvoleny dva vzduchové jističe SACE řady Emax 2. Hlavními výhodami těchto jističů jsou maximální bezpečnost, která je zajištěna mnoha způsoby – např. vysunování jističe při zavřených dveřích, vnější stupeň ochrany IP 54, bezpečnostní zámky a dvojitá izolace. Konstrukce jednotlivých pólů zaručuje plnou izolaci mezi vodiči a zároveň umožňuje provádět kontrolu zhášecí komory a hlavních kontaktů. Dalším rysem jističů Emax je vysoká inteligence. Tyto ochranné jednotky jsou vybaveny nejnovějšími pokrokovou technologií a nabízí řešení na míru pro řízení a ochranu. Vypínací jednotky jsou všestranné a jednoduše použitelné, jističe jsou schopny řídit zatížení v jakémkoliv stavu [K1].

Konkrétním typem použitých vzduchových jističů v prezentačním rozváděči je Emax 2 s úplným označením **E1.2C 800 Ekip Touch LSIG 4p WMP**. Jedná se o čtyřpólový jistič řady E1.2 ve výsuvném provedení. Označení „Ekip Touch“ znamená zabudované ochranné a měřicí funkce v provedení s dotykovou obrazovkou. Další parametry jističe jsou uvedeny v *Tab. 4-1*.

Obr. 4-9 - Jistič Emax 2 [K1]

Tab. 4-1 - Parametry použitého jističe Emax 2 [K1]

Jmenovité napětí U_n:	690 V
Jmenovitý proud I_n:	800 A
Jmenovitý zkratový vypínací proud I_{cs}:	50 kA při 400 V a.c.
Krátkodobý výdržný zkratový proud I_{cw}:	42 kA (1 s), 24 kA (3 s)
Jmenovitá zkratová vypínací schopnost I_{cu}:	50 kA při 400 V a.c.
Rozměry (Š x V x H):	348 x 363,5 x 271 mm
Hmotnost:	14 kg

4.4.1.2 Kompaktní jističe SACE Tmax T

Jako spojovací prvek mezi hlavními přípojnicovými systémy byl zvolen kompaktní jistič SACE řady Tmax T. Tyto jističe se vyznačují vysokými vypínacími schopnostmi v kompaktním provedení, flexibilitou použití a pokročilým stupněm ochrany. Termomagnetické a elektronické vypínací spouště jsou k dispozici pro střídavé i stejnosměrné obvody – tyto vypínací spouště přitom mohou být kdykoliv vyměněny, což umožnuje snížit celkové náklady na zvýšení úrovně zařízení. Pokročilá ochrana těchto jističů znamená, že řadu elektronických spouští lze použít pro různé ochranné úrovně, a dokonce zvýšit schopnost selektivity pomocí algoritmu pro předčasnou detekci a prevenci poruch [K5].

Konkrétním typem použitého MCCB v rozváděči je Tmax (z poslední řady těchto jističů) s označením **T7S 800 PR332/P LSIG In=800A 4p F F M**. Stejně jako v případě Emaxů se jedná o čtyřpólový jistič, tentokrát však v pevně zabudovaném provedení. Elektronická vypínací spoušť s označením PR332/P poskytuje pokročilé ochranné funkce v případě přetížení, fázové nerovnováhy a nadměrného oteplení uvnitř vypínací jednotky. Další informace o jističi uvádí *Tab. 4-2*.

Obr. 4-10 - Jistič Tmax T7 [K5]

Tab. 4-2 - Parametry použitého jističe Tmax T7 [K5]

Jmenovité napětí U_n:	690 V
Jmenovitý proud I_n:	800 A
Jmenovitý zkratový vypínací proud I_{cs}:	50 kA při 400 V a.c.
Krátkodobý výdržný zkratový proud I_{cw}:	20 kA (1 s)
Jmenovitá zkratová vypínací schopnost I_{cu}:	50 kA při 400 V a.c.
Rozměry (Š x V x H):	280 x 268 x 178 mm
Hmotnost:	14 kg

4.4.2 ATS

Nepřetržitost provozu hraje nejen v elektrických zařízeních nízkého napětí stále důležitější roli. Požadavek nepřetržitosti je základním aspektem funkčně a ekonomicky efektivního zařízení. Systém, který je schopný přepnout napájení z hlavního přívodu na záložní, snižuje problémy způsobené chybnými okolnostmi ve veřejných sítích na minimum. Tyto manipulace, obecně známé jako automatické přepínání, zahrnují sekvence, které automaticky řídí jednotlivá zařízení (zásadní roli hrají jističe) bez zásahů operátora. Aby byla zajištěna nepřetržitá dodávka elektrického výkonu, je základním požadavkem mít v instalovaném systému redundanci napájecích zdrojů – obvykle tvořených transformátorem a nouzovým generátorem (případně dalším transformátorem) [K12].

Výhody instalace systému ATS [K12]:

- Zajištění maximální nepřetržitosti procesů
- Napájení systému i v případě výpadku původního zdroje
- Snížení vlivu poruch v daném místě sítě (např. poklesy napětí vedoucí ke ztrátě stability točivých strojů, poruchy na zařízeních atd.)
- Dosažení ideálního kompromisu mezi spolehlivostí, jednoduchostí a náklady
- Možnosti údržby zařízení ve stavu nepřerušené dodávky

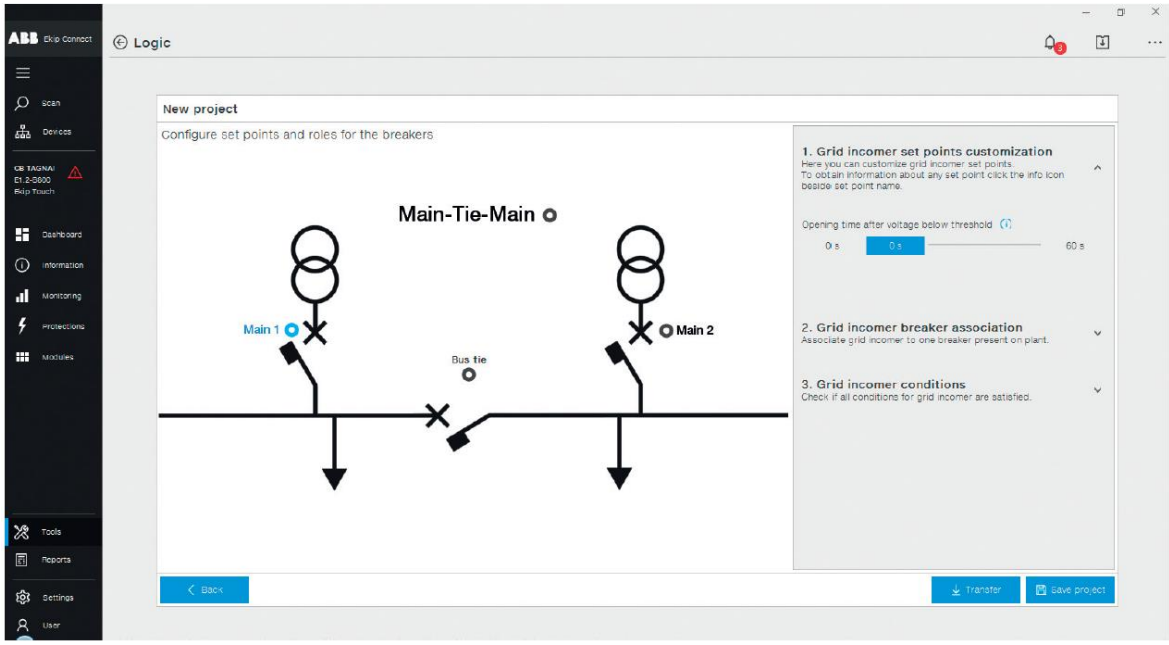
Integrovaný systém ATS společnosti ABB s.r.o. poskytuje monitorovací, ovládací a komunikační funkce v energetických sítích. Nastavení systému je provedeno pomocí šablony, kterou si lze jednoduše přizpůsobit změnami základních parametrů přes grafické rozhraní. Jestliže je uživatel s nastavením systému hotov, jednoduše si šablonu do zařízení nahraje. Pokud je nutné změnit nastavení ATS, připojí se uživatel pomocí notebooku a provede změny stejným způsobem v daném grafickém rozhraní [K12].

Konkrétní nastavení logiky ATS bylo provedeno v kooperaci s italskou divizí ABB SACE. Pro použití ATS je nutné mít nástroj pro inteligentní elektronická zařízení PCM600, který poskytuje ochranné a řídicí funkce v přenosových a distribučních aplikacích. Funkce PCM600 je provedena v souladu s IEC 61850 (*Komunikační systémy a sítě v podřízených stanicích*), což umožňuje výměnu informací mezi dalšími zařízeními kompatibilními s touto normou. Do PCM600 byl podle postupu popsaného v [K12] nahrán konfigurační soubor zařízení se zabudovanou funkcí ATS – v tomto případě hlavních jističů Emax 2. Stejně tak bylo nutné nastavit konfiguraci těchto jističů i v programu Ekip Connect.

Na rozdíl od jističů Emax 2, jističe typu Tmax nejsou pro použití ATS přizpůsobeny, protože neumožňují komunikaci přes protokol IEC 61850. Umožnění automatického záskoku je v tomto případě podmíněno použitím dalšího zařízení, a to konkrétně digitální jednotky Ekip Up (na *Obr. 4-11*), která slučuje řešení elektronických zařízení do jediné platformy. Zařízení Ekip Up doplňuje použitý jistič Tmax T7 o nové digitální možnosti. Podle [K14] je výsledkem při použití Ekip Up jednotka vhodná pro množství různých aplikací, včetně všech potřebných funkcí bez nutnosti dalších externích zařízení.

Obr. 4-11 - Jednotka Ekip Up [K14]

Nastavení funkce ATS je pro jističe Emax 2 a jistič Tmax T7 provedeno s využitím programu Ekip Connect, což je software pro komunikaci s výkonovými jističi nízkého napětí. Do softwaru je nahrán naprogramovaný algoritmus, který na základě měřených veličin řídí přepínání mezi hlavními jističi. Nastavení funkce automatického záskoku je v tomto případě obdobné jako na *Obr. 4-12* – rozváděč má dva transformátorové přívody a „spojku“ přípojnicových systémů. Spojka je sepnuta v případě výpadku jednoho z napájecích přívodů a veškeré vývody rozváděče jsou napájeny z přívodu druhého se sepnutým hlavním jističem.



Obr. 4-12 - Rozhraní programu ABB Ekip Connect [K12]

U reálného provedení rozváděče je však na rozdíl od *Obr. 4-12* z obou přívodů (přes distribuční přípojnice) napájeno jen jedno odběrné místo, a to přístrojový prostor. Za normálního stavu jsou sepnuty vždy dva ze tří hlavních jističů podle toho, kolik je k rozváděči připojeno zdrojů (v případě dvou zdrojů je spojka rozepnuta a v případě jednoho zdroje je sepnuta).

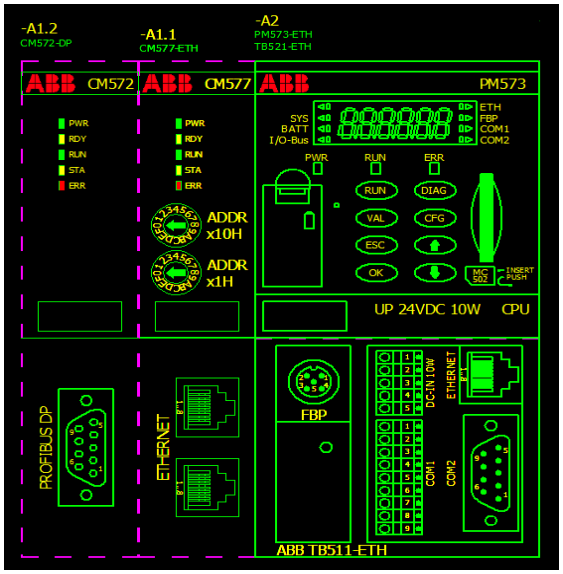
Jestliže je rozváděč napájen ze dvou nezávislých zdrojů, které mohou mít vzájemně odlišné parametry, je nutné použít rozšiřující modul Ekip Synchrocheck. Ten má za úkol porovnávat parametry napětí mezi přípojnicovými systémy a podle toho synchronizovat činnost jednotlivých jističů. Synchrocheck provádí kontrolu napěťových hladin, frekvence a fázového posunu přívodních napětí. Na základě vyhodnocených informací pak určuje dobu sepnutí jističů jednotlivých přívodů tak, aby byl zajištěn hladký průběh a nedošlo k poškození zařízení.

4.4.3 PLC AC500

PLC řady řady AC500 poskytují výkonnou platformu pro navrhování a vytváření škálovatelných, nákladově efektivních a flexibilních řešení automatizace. Tyto programovatelné automaty umožňují návrh a implementaci konfigurací vhodných pro jednoduché řídicí úkoly nebo komplexní automatizační řešení. PLC AC500 poskytuje flexibilní akci pomocí jednoho integrovaného softwaru. Zařízení se skládá z procesorů, I/O modulů, komunikačních modulů, modulů komunikačních rozhraní a příslušenství. Všechny moduly jsou používány na koncepci CPU, což umožňuje rychlou a pružnou reakci na nové požadavky. Kromě toho je AC500 navrženo tak, aby poskytovalo jednoduchý, bezpečný a spolehlivý provoz [14].

Zařízení PLC v prezentačním rozváděči se skládá z několika částí. Hlavním prvkem je procesorová jednotka **PM573-ETH** (na *Obr. 4-13*) se svorkovou základnou **TB521-ETH**. K procesoru využívajícímu programovací software ABB Automation Builder lze připojit až 10 rozšiřujících modulů s maximálním počtem 160 analogových vstupů/ výstupů, nebo v případě digitálních vstupů, 320 vstupů/ 240 výstupů (případně kombinovaných). Součástí zařízení PLC jsou dále komunikační moduly **CM577-ETH** a **CM577-DP**, které využívají komunikační rozhraní Ethernet a Profibus. Uspořádání komunikačních modulů a procesoru PLC v programu EPLAN je uvedeno na *Obr. 4-14*.

Obr. 4-13 - Procesorová jednotka PM573 [K13]



Obr. 4-14 - Komunikační moduly a procesor PLC v programu EPLAN (2D makro)

Celkem je k PLC připojeno 32 digitálních vstupů (**DI524**), 32 digitálních výstupů (**DO524**) a 32 přepínatelných vstupů/ výstupů pomocí relé (**DX522**). Digitální vstupy přijímají signalizační stavy z jednotlivých sekcí rozváděče (hlavní jističe, motorové spouštěče, distribuční moduly atd.), na základě kterých provádí PLC naprogramované povely. Principiálně je vždy na jednu svorku v rozváděčovém modulu přivedeno napětí 24 V d.c., které je pomocí přepínatelných kontaktů přiváděno do PLC ve formě logické 1. V této kapitole níže jsou tyto vstupy a výstupy z PLC popsány formou tabulek. Pro každý I/O modul je v příloze B práce na str. 83 vedena samostatná tabulka.

V *Tab. B-1* jsou popsány vstupy do digitálního modulu s označením -A3, který přijímá signalizační stavy ze všech výsuvných modulů o velikostech 8E/4 a 8E/2, a také informace o stavů napětí na hlavních přípojnicových systémech. V případě motorových spouštěčů jsou přijímány informace o stavu motoru, tzn. jestli je zastaven nebo běží (případně jakým směrem), jestli je v poruše, či jakým způsobem je ovládán (lokálně nebo přes DCS). U distribučního modulu jde o signalizaci stavu kontaktů pojistkového odpínače (zda jsou otevřené nebo uzavřené) a stavu pojistek.

Do dalšího digitálního modulu s označením -A4 jsou odesílány signály z panelu pro lokální ovládání (tzv. Local control box). Na tomto panelu se nachází vačkové (otočné) přepínače, pomocí kterých si uživatel zvolí způsob ovládání zařízení rozváděče (lokální nebo vzdálený) a konkrétní modul, který chce ovládat. Zároveň jsou na panelu k dispozici tři tlačítka pro přímý a reverzní rozběh a zastavení motoru. Tímto jednoduchým způsobem ovládání si může potenciální zákazník vyzkoušet funkčnost jednotlivých modulů přímo na rozváděči. Konkrétní signály do tohoto modulu jsou popsány v *Tab. B-2*.

Následující digitální modul (-A5) přijímá informace o stavech hlavního jističe č. 1 podle *Tab. B-3*. Kromě signalizace aktuálního stavu kontaktů (otevřené nebo uzavřené), a případné poruchy jističe, je také signalizována např. testovací pozice, připojení nebo odpojení jističe od hlavních přípojnic a stav pružiny (je-li nastřádána nebo ne). Pružina v jističi zajišťuje rychlé spínání kontaktů, aby nedocházelo k jejich nadměrnému opalování. Stejným způsobem jako v předešlém případě je provedena signalizace do modulu -A6 (viz *Tab. B-4*), který přijímá stavy hlavního jističe č. 2, a dále signalizace do modulu -A7 (podle *Tab. B-5*) se stavy tzv. spojky.

Do dalšího digitálního modulu -A4 jsou odesílány signály k lokálnímu a dálkovému ovládání motoru. Jedná se o klasické povely k zapnutí a vypnutí motoru ve „čtvrtkových“ modulech, přepínání způsobu ovládání, a případně spouštění, či vypínání motoru dálkově přes komunikační rozhraní. Tyto povely jsou popsány v *Tab. B-6*. Podobně jako v předchozím případě jsou do modulu -A5 (podle *Tab. B-7*) přivedeny stavy z reverzačního motorového spouštěče pro lokálního a dálkového ovládání motoru. V tomto případě jsou z modulu na pozici +S02.FA01 navíc odesílány stavy z aktuátoru, který může v praxi sloužit např. pro ovládání pístu u potrubí v elektrárně. Aktuátory mohou vybaveny stejnosměrným nebo střídavým motorkem, který posílá signály do motorového kontroléru M102-M.

Digitální modul s označením -A6 sbírá zbývající signály z DCS pro motorový spouštěč, který byl zmíněn v předchozím případě. Dále jsou do modulu -A6 podle *Tab. B-8* opět posílány signály pro lokální a dálkové ovládání motorového spouštěče, tentokrát však na pozici +S02.FA03. Poslední digitální modul tohoto typu je popsán v *Tab. B-9*. Jedná se opět o signalizaci k lokálnímu a dálkovému ovládání motoru, jako v předešlých případech. Tentokrát je většina povelů vztažena ke konvenčnímu motorovému spouštěči na pozici +S02.LC01.

Modul -A8 s digitálními výstupy odesílá dle naprogramovaného algoritmu signály z PLC podle *Tab. B-10*. Vesměs jde o povely pro ovládání motorových spouštěčů a aktuátoru, světelnou signalizaci stavů a ovládání hlavních jističů (či stykačů řídících přívod do rozváděče).

Obecně lze tedy říci, že PLC v rozváděči umožňuje monitorovat stavy jednotlivých modulů ze vzdáleného místa. Zákazník má také tímto způsobem možnost motorové spouštěče ovládat, a to pomocí příkazů ze softwaru Automation Builder pro AC500, jehož pracovní rozhraní je vyobrazeno v příloze B práce na *Obr. B-1*. Ovládání motorových spouštěčů je díky PLC navíc vymezeno pouze třemi tlačítky, která jsou umístěna na ovládacím panelu rozváděče, kde je také možno mezi moduly přepínat.

4.4.4 Motorové kontroléry

Motorové kontroléry slouží pro optimální ovládání motorových jednotek především v průmyslu a automatizaci. Jsou to zařízení, která umožňují pohodlné spouštění a jednoduché ovládání motorů. Hlavními přednostmi kontrolérů jsou podle [K3] kompaktní design, vysoká odolnost, jednoduchá instalace a využití pro různé motorové aplikace. Důvodem použití motorových kontroléru v rozváděči byla především možnost prezentace jejich funkčnosti.

4.4.4.1 UMC100.3 DC

Univerzální motorové kontroléry kombinují funkce motorové ochrany, řízení, fieldbusové nebo ethernetové komunikace a diagnostiky poruchy v jednom zařízení. Hlavními benefity jsou snížené nároky na použitou kabeláž, jednodušší návrh, rychlá výměna zařízení a úspora času pro uvedení do provozu [K3].

UMC100.3 poskytuje možnosti pro řízení motorů nízkého napětí s konstantními otáčkami. Mezi jeho hlavní úkoly patří jednotlivé motory chránit, zabraňovat tím přerušení provozu ve výrobnách, a snižovat tak doby prostojů. Včasné informace týkající se potenciálních problémů motorů a rychlé diagnostiky zajišťují nepřetržitý provoz při různých aplikacích. UMC100.3 je vybaveno rozhraním pro montáž komunikačního adaptéru. Volba příslušného adaptéru umožňuje komunikaci s motorovým kontrolérem pomocí rozhraní Profibus DP, DeviceNet nebo Modbus RTU. Kromě toho je umožněna i komunikace prostřednictvím ethernetových sítí s využitím Modbus TCP nebo profinetového protokolu. Dále může být UMC100.3 využito i bez komunikací jako samostatný motorový kontrolér (např. v jednoduchých čerpacích stanicích) [K3].

Konkrétní zařízení použité v prezentačním rozváděči má označení **UMC100.3 DC**, jehož parametry jsou uvedeny v *Tab. 4-3*. Tento třípólový motorový kontrolér má měřicí rozsah proudu od 0,24 A do 63 A. Pro detekci větších proudů je nutné použít rozšiřující ochranný proudový transformátor (PCT). Dále v sobě zahrnuje 6 digitálních vstupů, 4 digitální výstupy (3x relé výstup a 1x poruchový) a nabízí možnost připojení PTC termistoru pro monitorování tepelného přetížení. Při nastavování parametrů UMC lze volit mezi vypínacími třídami 5E, 10E, 20E, 30E a 40E. Některé další funkce pak mohou vyžadovat připojení rozšiřujících modulů.

Obr. 4-15 - UMC100.3 [K3]

Tab. 4-3 - Parametry UMC100.3 DC [K3]

Jmenovité pracovní napětí U_e:	690 V a.c.
Napájecí napětí U_s:	24 V d.c.
Jmenovitý pracovní proud I_e:	0,24 až 63 A
Jmenovitá frekvence f_n:	50/60 Hz
Stupeň krytí	IP 20
Rozměry (Š x V x H):	70 x 106 x 107 mm
Hmotnost:	0,275 kg

4.4.4.2 M102-M

M10x jsou inteligentní jednotky pro řízení a chránění motorů založené na proudovém (případně i napěťovém) měření. Jedná se o mikroprocesorové zařízení poskytující komplexní funkce. Každý motorový spouštěč může být vybaven jedním standardním zařízením M10x s určitými parametry, které poskytuje specifické ovládání, monitorování a ochranné funkce přizpůsobené různým motorovým aplikacím [K2].

Spolu s nejběžnějším průmyslovým sběrnicovým rozhraním (Profibus DP a Modbus RTU) se M10x hladce a efektivně integruje do průmyslových systémů. Rychlá odezva alarmu nebo vypnutého stavu umožňuje kontrolu nad celým procesem v reálném čase. Statistické zaznamenávání provozních hodin a počtu operací dále pomáhá při plánování údržby. Pro střídavé motory a instalované zařízení znamená využití M10x spolehlivou ochranu, maximální využití, neustálý dohled a flexibilitu [K2].

Každé M10x se skládá ze dvou částí – hlavní jednotky s proudovým převodníkem a operačního panelu. Hlavní jednotka je tvořena dvěma částmi, a to elektronikou motorové řídicí jednotky a integrovaným proudovým transformátorem s rozsahem 0,24 A až 63 A. Operační panel slouží pro nastavování parametrů a provoz jednotlivých motorů.

Panel je dále vybaven komunikačním portem (mini USB konektor) pro pohodlnější parametrizaci přes softwarový nástroj. K hlavní jednotce se ovládací panel připojuje prostřednictvím RJ11 umístěným na zadní straně panelu. Parametry použitého zařízení **M102-M 24V d.c.** jsou uvedeny v *Tab. 4-4*.

Obr. 4-16 - M10x s ovládacím panelem MD21 [K2]

Tab. 4-4 - Parametry M102-M 24V d.c. [K2]

Jmenovité pracovní napětí U_e:	690 V a.c.
Napájecí napětí U_s:	24 V d.c.
Jmenovitý pracovní proud I_e:	0,24 až 63 A
Jmenovitá frekvence f_n:	50/60 Hz
Stupeň krytí	IP 20
Rozměry (Š x V x H):	110 x 140 x 75 mm
Hmotnost:	0,2 kg

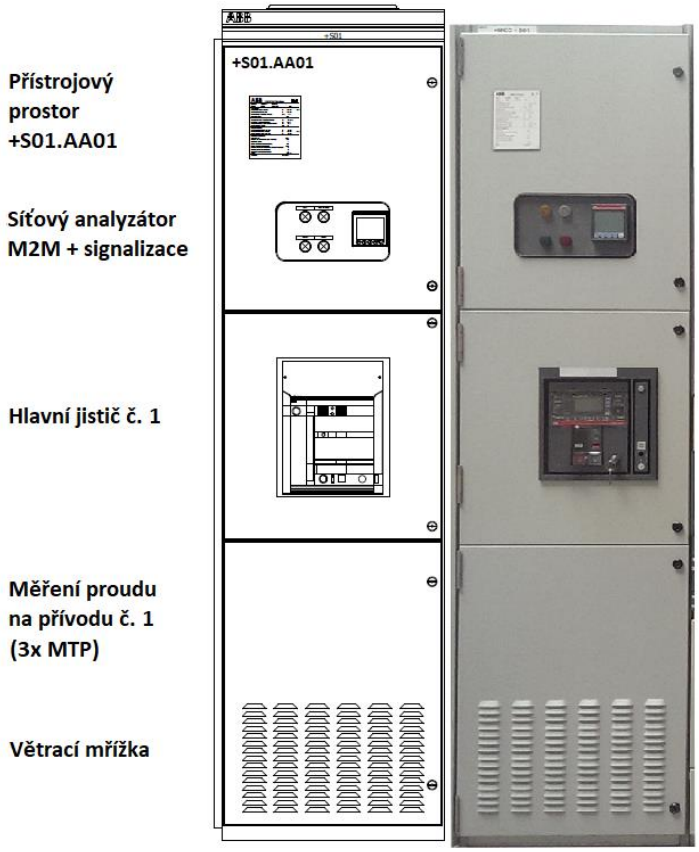
Velkým benefitem motorových kontroléru UMC a M10x je funkce autorestart, která umožňuje automatické znovuzapnutí motorů po výpadku napětí. U funkce lze provést i rozfázování, aby nedošlo k dalšímu výpadku v důsledku enormního rozběhového proudu při spouštění všech motorů zároveň. Během autorestartu nesmí být napájecí napětí kontrolérů přerušeno, jinak ke spuštění funkce nedojde. Při autorestartu jsou navíc ochranné funkce potlačeny, aby během výpadku napětí nedošlo k jejich aktivaci. Uplatnění tato funkce nachází při aplikacích přímého rozběhu motoru (DOL) nebo reverzace (REV-DOL).

4.5 Uspořádání rozváděče

Samotný rozváděč se skládá ze tří sekcí označených +S01, +S02 a +S03. První sekce (+S01) je přívodní s hlavním jističem č. 1 (E1.2C 800) a přístrojovým prostorem pro napájení pomocných obvodů na 24 V d.c. Druhá sekce (+S02) zahrnuje přístrojový prostor s výsuvnými moduly motorových spouštěčů a modulů distribučních. Také se zde nachází sekce (plug-in), přes kterou je realizován skutečný přívod do rozváděče. V kabelovém prostoru jsou dále umístěny veškeré silové a ovládací kabely vedoucí do nebo ven z přístrojového prostoru. Třetí sekce (+S03) je opět přívodní s hlavním jističem č. 2 (E1.2C 800) a kompaktním jističem (T7S 800) spojujícím hlavní přípojnicové systémy. Kromě hlavních jističů je v této sekci také další přístrojový prostor, který mj. zahrnuje inteligentní zařízení Ekip Up.

4.5.1 Přívodní sekce +S01

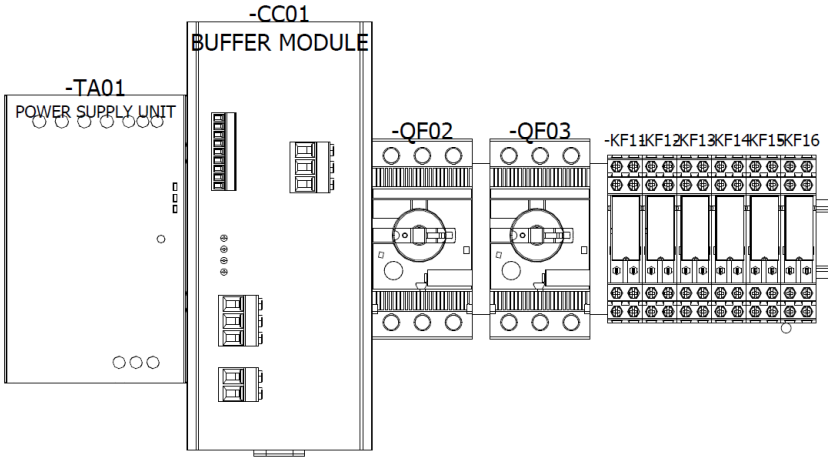
Tato sekce je široká 600 mm a vertikálně se člení na tři části podle *Obr. 4-17*. Spodní část této sekce tvoří prostor s přívodními přípojnicemi, které vedou do hlavního jističe -QF01. Na těchto přípojnicích jsou na každé fázi umístěny tři násuvné měřicí transformátory proudu. Hlavním jističem je vzduchový jistič Emax 2, který chrání přívod do rozváděče v této sekci. Nad tímto jističem se nachází přístrojový prostor se síťovým analyzátorem na dveřích, a také se signalizací jednotlivých stavů pomocí barevných LED diod. Detailnější popis přístrojového prostoru v této sekci je uveden v podkapitole níže.



Obr. 4-17 - Přívodní sekce +S01 (navržené a reálné provedení)

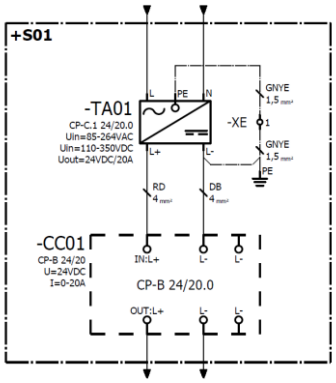
4.5.1.1 Přístrojový prostor na pozici +S01.AA01

V tomto přístrojovém prostoru jsou osazeny jednotlivé přístroje na dvou DIN lištách. Na horní DIN liště (na *Obr. 4-18*) je umístěn napájecí zdroj -TA01, který usměrňuje napětí 230 V a.c. na 24 V d.c. Jeho výstup dále napájí stejnosměrné obvody ve všech sekcích rozváděče, ať už se jedná o komunikační zařízení, ochranné přístroje, světelné obvody nebo pomocné napětí výsuvných modulů.



Obr. 4-18 - Umístění přístrojů v horní části sekce +S01.AA01

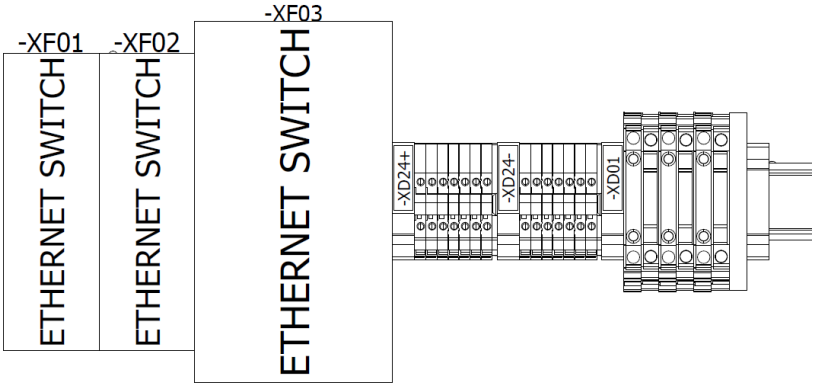
Na stejnosměrný zdroj je přímo napojen buffer -CC01, který pochází ze stejné řady přístrojů. Jedná se o vysokokapacitní zařízení, které v případě výpadku napětí udrží dle [K10] napětí zdroje pod až dobu 153 s při plném zatížení. Po tuto dobu je tedy zajištěno nepřerušené napájení zařízení na 24 V d.c. v celé části rozváděče. Propojení stejnosměrného zdroje a bufferu je naznačeno na *Obr. 4-19*.



Obr. 4-19 - Napěťový zdroj a buffer v sekci +S01

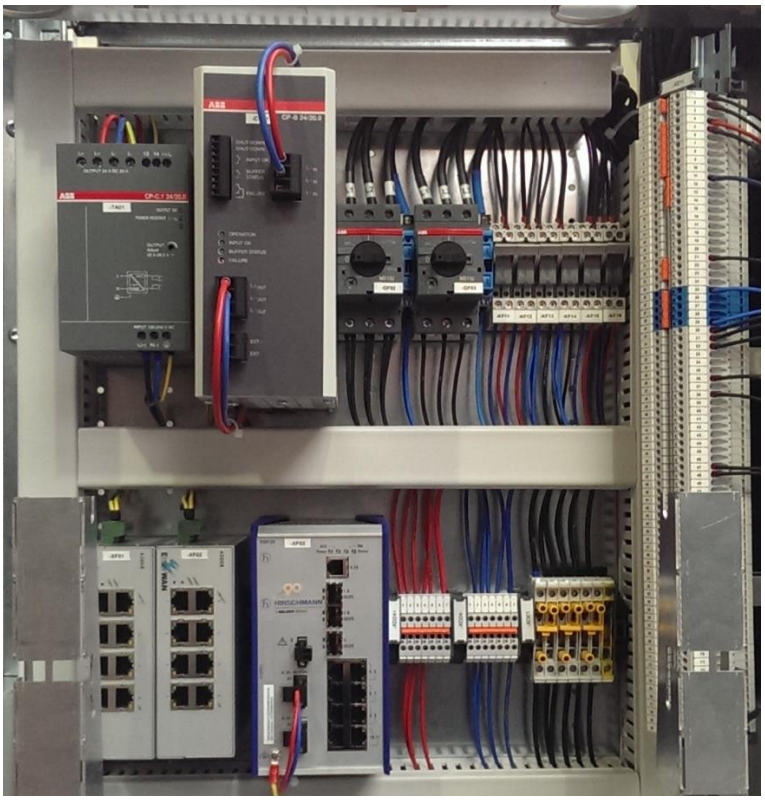
V přístrojovém prostoru se dále nachází prvky -QF02 a -QF03, kterými jsou v obou případech manuální motorové startéry MS132-1.6 chránící multimetry -BA01. Prvek -QF02 navíc chrání analyzátor sítě M2M umístěný na dveřích, přičemž umožňuje odpojit napěťový vstup při provádění napěťové zkoušky. Zařízení MS132 byla zvolena z toho důvodu, že jsou přes ně měřicí zařízení připojena přímo na hlavních přípojnicích, takže MS132 musí mít zkratovou odolnost minimálně rovnu zkratovému proudu rozváděče (tedy 50 kA).

Vedle zmíněných prvků je umístěno šest relé, označených -KF11 až -KF16, která plní roli ovládání a signalizace stavů hlavního jističe pomocí programovatelných automatů situovaných na pozici +S02.BA01. Na *Obr. 4-20* jsou dále zobrazeny přístroje umístěné na druhé liště tohoto prostoru, která je osazena třemi ethernetovými switchi (-XF01 až -XF03) s komunikačními porty. Ty zajišťují vzájemné komunikační propojení mezi zařízeními využívajícími síť Ethernet. Jedná se např. o MNS Digital Gateway, MService, MView nebo MTQ22.



Obr. 4-20 - Umístění přístrojů ve spodní části sekce +S01.AA01

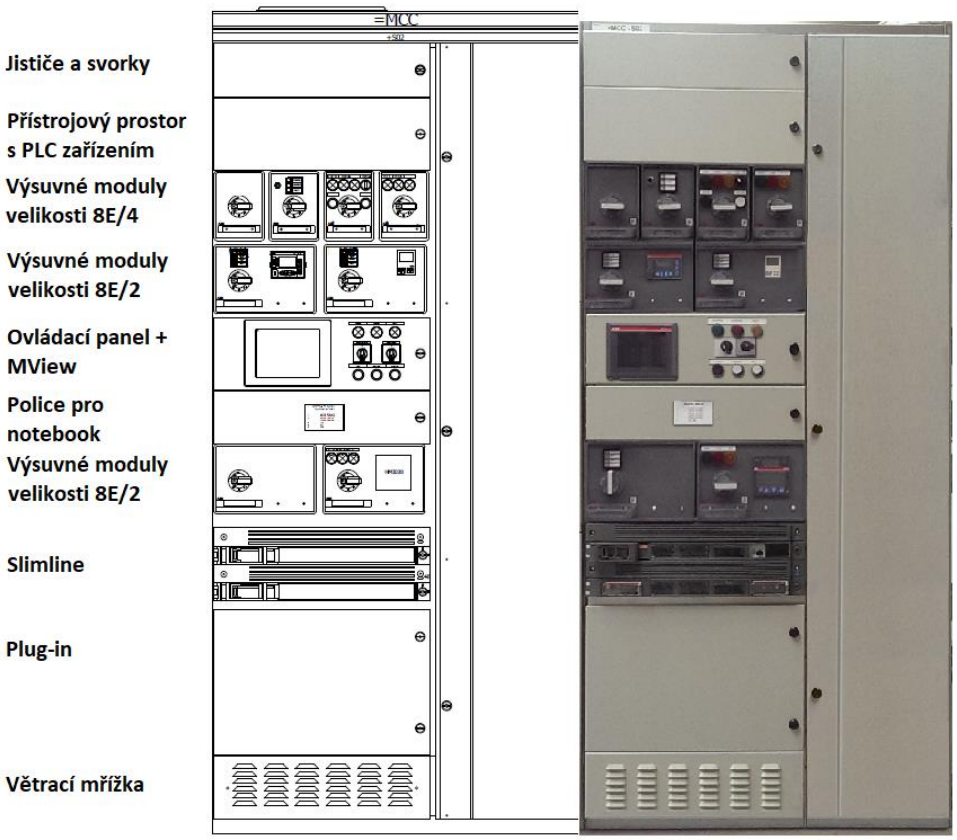
Vedle ethernetových switchů jsou na DIN liště umístěny svorkovnice -XD24 pro přístroje využívající napětí 24 V d.c., a svorky -XD01 pro obvody silové. Svorkovnice pro slaboproudé obvody je umístěna na vertikální DIN liště tohoto prostoru, jak je naznačeno na *Obr. 4-21*.



Obr. 4-21 - Reálné osazení přístrojů v sekci +S01.AA01

4.5.2 Vývodní sekce +S02

Vývodní sekce se skládá z přístrojového prostoru o šířce 600 mm a kabelového prostoru o šířce 400 mm. V přístrojovém prostoru na pozici +S02.BA01 se nachází PLC zařízení včetně všech jeho komunikačních modulů a digitálních vstupů/ výstupů. Pod ním jsou umístěny čtyři výsuvné moduly velikostí 8E/4, z nichž první tři jsou motorové spouštěče a zbývající slouží jako modul distribuční. Pod těmito moduly se nachází další dva motorové spouštěče (8E/2) s možností reverzního chodu, jak je uvedeno na *Obr. 4-22*.



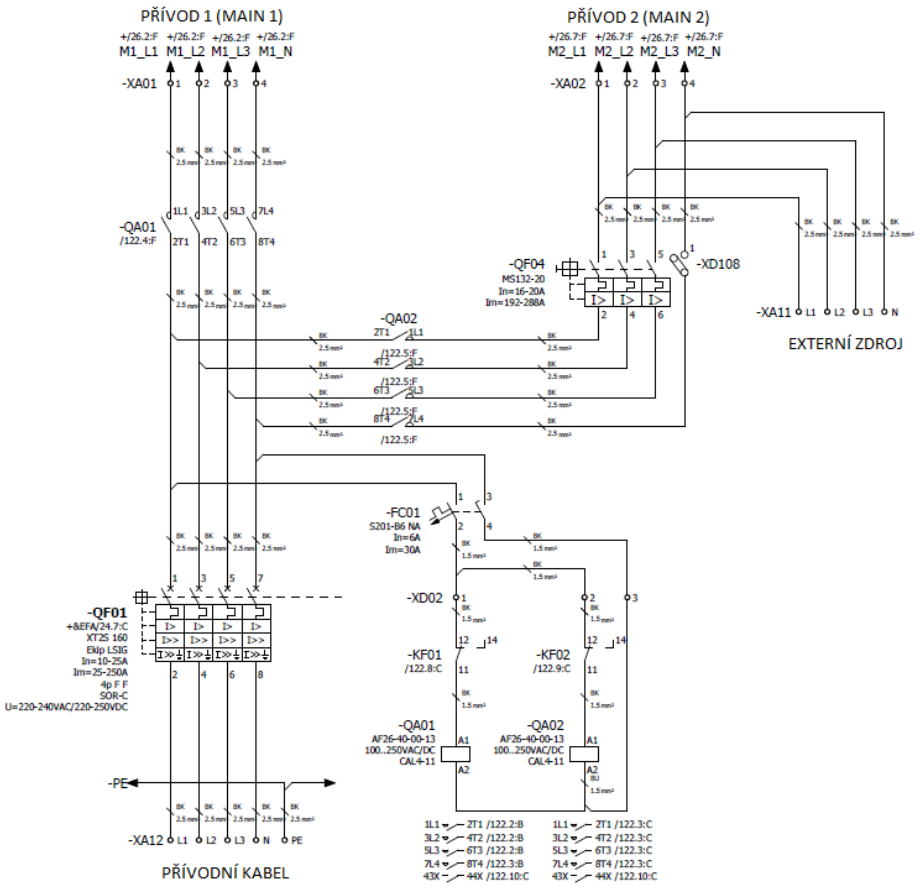
Obr. 4-22 - Vývodní sekce +S02 (navržené a reálné provedení)

Uprostřed přístrojového prostoru je umístěn ovládací panel, na kterém lze pomocí vačkových přepínačů vybírat ovládaný modul s motorovým spouštěčem nebo měnit způsob ovládání (lokální/ dálkový). Monitorované veličiny se zobrazí na dotykovém displeji MView, který tvoří tzv. rozhraní mezi člověkem a strojem (HMI).

Pod ovládacím panelem se nachází další dva moduly o velikostech 8E/2 a dvakrát Slimline, který slouží jako pojistkový odpínač s proudovým měřením. V jednom případě je měření realizováno měřicími transformátory proudu (MTP) a ve druhém inteligentním měřením ITS2.1. Ve spodní části rozváděče je dále za dveřmi plug-in, který je detailněji popsán v samostatné podkapitole níže.

4.5.2.1 Řešení přívodu (plug-in)

Hlavní přívod rozváděče je realizován přes plug-in, který se nachází na pozici +S02.RA01 (schéma plug-inu je uvedeno na *Obr. 4-23*). Přívodní kabel je připojen na svorkovnici s označením -XA12, za kterou se nachází hlavní jistící prvek -QF01 se jmenovitým proudem 16 A (tato hodnota byla zvolena s ohledem na velikost jistícího prvku, ze kterého je rozváděč napájen). Za hlavním jističem je „odpíchnuto“ jednofázové napětí pro napájení cívek dvou stykačů (-QA01 a -QA02), které umožňují přepínání mezi přívody 1 a 2. Oba stykače jsou za normálního stavu sepnuty a lze díky nim z PLC jednoduše simulovat poruchu výpadku napájení na jednotlivých přívodech, a testovat tím funkci ATS. PLC může v tomto případě rozpínat kontakty dvou relé -KF01 a -KF02, které odpojují cívky stykačů od napětí (ovládací signalizace z PLC není ve schématu z prostorových důvodů naznačena).

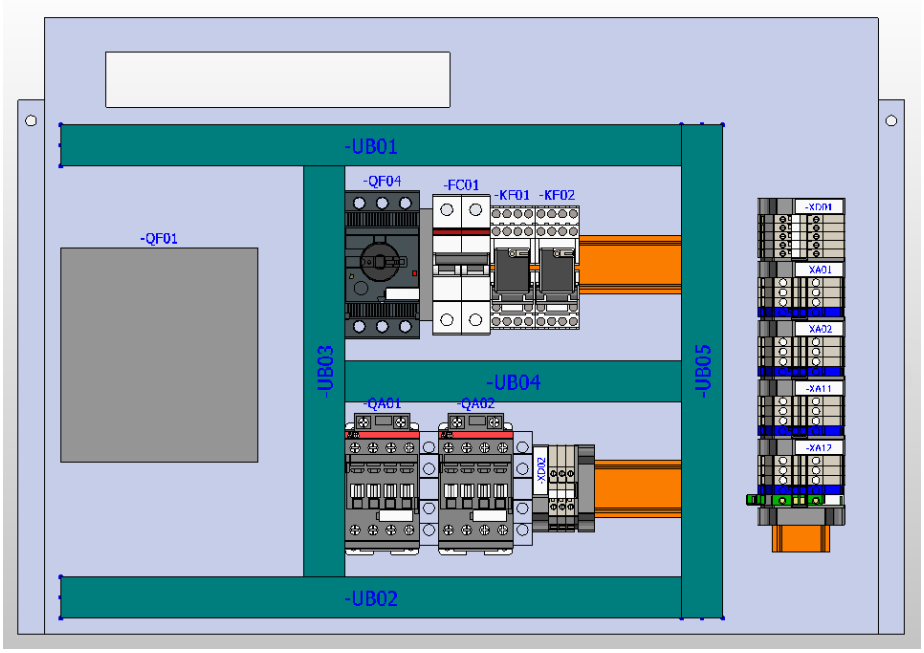


Obr. 4-23 - Schéma plug-in modulu rozváděče

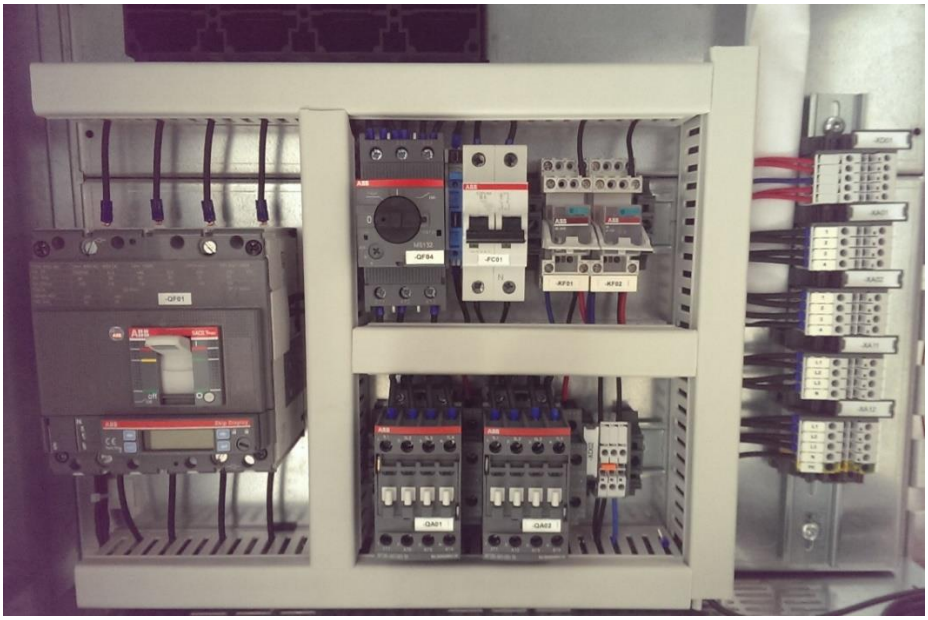
Na přívodu č. 2 je připojen jistící prvek -QF04 se svorkou -XD108, která může odpínat nulový vodič. Umístění prvku -QF04 v tomto místě schématu poskytuje možnost manuálního odpojení druhého přívodu od hlavního zdroje v případě využití zdroje externího. Díky externímu zdroji., který se připojuje přes svorkovnici -XA11, lze v rozváděči simulovat poruchy, jako např. pokles nebo výpadek napětí jedné fáze.

Oba přívody jsou dále přes svorky -XA01 a -XA02 připojeny k jednotlivým systémům hlavních přípojnic. Přívod č. 1 je přiveden na hlavní přípojnice do sekce +S01 a přívod č. 2 do sekce +S03.

Při návrhu rozmístění prvků v tomto přístrojovém prostoru byl využito 3D modelovací prostředí programu EPLAN Pro Panel. Na obrázcích níže je pro porovnání 3D návrh osazení přístrojů a pod ním reálné provedení. Z důvodu absence 3D maker některých přístrojů byla tato makra nahrazena zjednodušenými modely o odpovídajících rozměrech.



Obr. 4-24 - Osazení přístrojů v plug-inu v programu EPLAN Pro Panel

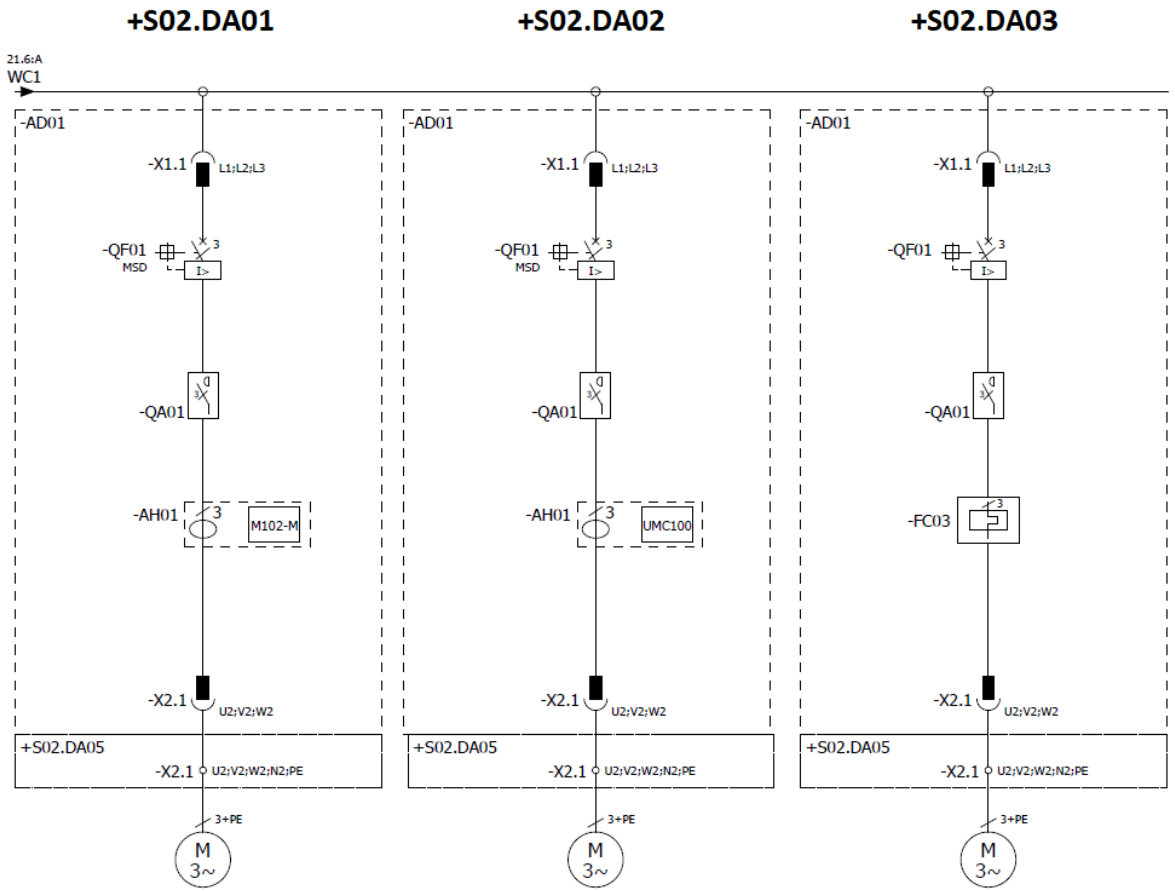


Obr. 4-25 - Reálné osazení přístrojů v plug-inu

Umístění přístrojů bylo navrženo s ohledem na co možná nejkratší délky použitých kabelů a zároveň maximální estetiku. Kabely propojující jednotlivé přístroje a svorky jsou vedeny v zakrytovaných kabelových žlabech, které jsou na *Obr. 4-24* označeny -UB01 až -UB05.

4.5.2.2 Motorové spouštěče v modulech velikosti 8E/4

Na pozici +S02.DA0x se nachází tři výsuvné moduly o velikostech 8E/4 se zabudovanými motorovými spouštěči. Každý z těchto modulů je zkonstruován pro přímé připojení motoru k síti (DOL) při maximálním příkonu motoru 0,37 kW. Společným prvkem všech modulů je podle *Obr. 4-26* zařízení jistící proti zkratu **MO132** a stykač **AF09**. Jediný rozdíl tvoří použitý motorový kontrolér, kterým je v prvním případě **M102-M** a ve druhém univerzální motorový kontrolér **UMC100.3**. Poslední modul je pak v konvenčním provedení s tepelnou ochranou **EF19**. Reálné provedení těchto výsuvných modulů je uvedeno v příloze C práce na str. 88.



Obr. 4-26 - Jednopólová schémata motorových spouštěčů 8E/4

Zákazník může spouštěče ovládat pomocí povelů pro zapnutí a vypnutí motoru, a také si přepínat způsob ovládání. K dispozici má dále minimálně signalizací stavu, zda motor běží, stojí nebo je v poruše. U motorových kontroléru navíc může sledovat veškeré důležité parametry motoru.

V technické praxi mohou motory sloužit např. jako pohon pro pumpy, ventilátory nebo pásové dopravníky. Ovládání motorových spouštěčů je v případě modulů s motorovými kontroléry umožněno lokálně (přímo na rozváděči) pomocí ovládacího panelu nebo dálkově přes komunikační rozhraní. Pro ovládání konvenčního modulu má zákazník definované svorky, ke kterým si připojí ovládací tlačítka. Dálkové ovládání je realizováno přes distribuční řídicí systém, pro který jsou v rozváděči opět připraveny svorky.

Na následujících řádcích jsou nyní pro motorové spouštěče popsány možnosti nastavování ochran. Obecně se nastavení ochranných funkcí u motorových kontrolérů M102-M a UMC100.3 DC provádí v širokém rozsahu a na míru pro daný druh motoru. Oba kontroléry přitom poskytují obdobné ochranné funkce. V případě UMC se jedná o [K6]:

- **Ochrana proti přetížení (TOL)** – chrání motor dle IEC 60947-4-1 před tepelným namáháním na základě porovnávání měřeného proudu a nastaveným jmenovitým proudem motoru. Ochrana před vybavením ohlásí varování a po vybavení může být nastaven pevný čas do vychladnutí nebo dle teplotního modelu. Poskytováno je pět tříd vybavení (5E až 40E), široký proudový rozsah motoru, použití pro vícerychlostní motory a další.
- **PTC (ochrana proti přetížení)** – jedná se o přesnější tepelnou ochranu dle IEC 60947-8 založenou na hlídání teploty přímo ve vinutí motoru pomocí PTC typu A. Ochrana dokáže detekovat rozpojený nebo zkratovaný měřicí obvod a umožňuje ohlásit varování, či rovnou poruchu. Maximální délka kabelu je omezena na 250 m při průřezu 2,5 mm^2.
- **Ochrana při častém spouštění motoru** – poskytuje ochranu po několika sepnutích motoru, takže na základě výpočtu teplotního modelu není možné motor znovu zapnout. Lze nastavit časový interval, počet rozběhů a reakci při posledním startu.
- **Ochrana proti zablokovanému rotoru** – ochrana je aktivní během rozběhu a působí rychleji než TOL. Při rozběhu jsou definovány časové intervaly do poklesu proudu do $1{,}35 \cdot I_n$ dle zvolené třídy vybavení (5E – 1,5 s; 10E – 3 s; 20E – 6 s; 30E – 12 s; 40E – 24 s).
- **Ochrana proti podproudu/ nadproudu** – při podproudu chrání napájecí soustavu a proces (porucha může být způsobena např. přetrženým pásovým dopravníkem). Nadproudová ochrana zase snižuje teplotní namáhání a zvyšuje tak životnost motoru. Jedná se přitom o jednoduchou ochranu, která dokáže reagovat rychleji než TOL.
- **Ochran sledu fází** – chrání motor před spuštěním opačným směrem, který je detekován ihned po spuštění. Je důležitá především pro drtičky, pásové dopravníky, ventilátory atd.
- **Ochrana proti ztrátě fáze** – ochrana motoru a kabelů před tepelným přetížením v důsledku zvýšeného proudu ve zbylých fázích (např. u přetavené pojistky, upadlého kabelu atd.). Ochrana je aktivní při rozběhu i za chodu motoru.
- **Ochrana proti fázové nerovnováze** – chrání proti přetížení fázi v důsledku např. rozdílného napětí ve fázích, opotřebení kontaktů, koroze svorek atd. Ochrana porovnává proud v každé fázi s jejich průměrem a vybavovací čas je přitom stejný při ztrátě fáze.
- **Ochrana při zemním spojení** – chrání před důsledky poškození izolace v důsledku např. vlhkosti, přetěžování nebo stárnutí kabelů. Ochrana je prováděna pomocí výpočtu UMC (pouze pro sítě TN) nebo externím čidlem CEM11.
- **Ochrana proti harmonickému zkreslení** – funguje na principu porovnání všech harmonických vůči první harmonické. Ochrana je aktivní během rozběhu i během chodu motoru, protože zkreslené napětí může způsobovat degradaci izolace. Zdroji zkreslení jsou např. frekvenční měniče nebo UPS.

Příkladem motorů řízených z prezentačního rozváděče mohou být asynchronní motory od společnosti ABB s.r.o., třídy účinnosti IE1, IE2 a IE3. Dle nového klasifikačního systému definovaného dle IEC 60034-30-1 platí označení:

- IE1 pro motory standardní účinnosti,
- IE2 pro motory vysoké účinnosti,
- IE3 pro motory prémiové účinnosti.

Obr. 4-27 - Motory nízkého napětí ABB [K15]

Konkrétně mohou motorové spouštěče rozváděče (na max. 0,37 kW) napájet např. litinový motor třídy účinnosti IE2 s označením **M3BP 71MB 4** a parametry dle *Tab. 4-5*.

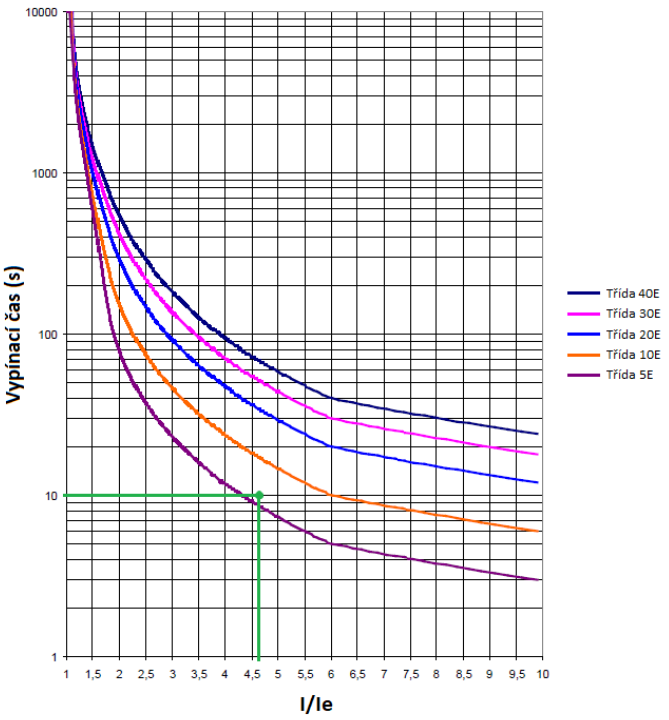
Tab. 4-5 - Parametry motoru M3BP 71MB 4 [K15]

Jmen. příkon:	0,37 kW
Jmen. napětí:	400 V (D)
Jmen. frekvence:	50 Hz
Jmen. otáčky:	1380 min^{-1}
Jmen. (záběr.) proud:	0,87 A (4 A)
Účiník:	0,83

<u>Nastavení vybraných ochranných funkcí u UMC100.3 DC může vypadat následovně:</u>

Při nastavování ochrany proti přetížení se dle IEC 60947-4-1 vychází z proudových parametrů motoru a jeho vypínací třídy. Rozběh zatíženého motoru s sebou nese nárůst proudu až na několikanásobek jmenovité hodnoty a tepelná ochrana nesmí na vzniklé přetížení vybavit. Rozběh motoru pro UMC pak končí, když proud motoru poklesne na hodnotu 135 % proudu jmenovitého. Jmenovitý proud motoru, který se nastavuje na UMC, je přitom uveden na štítku motoru jako $I_n = 0{,}87$ A.

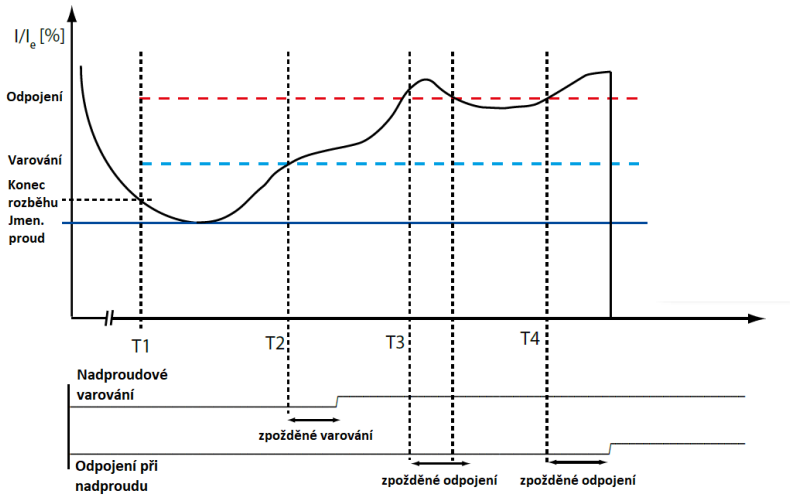
Vypínací třída se určí z vypínací charakteristiky UMC, která je uvedena v [K6]. V případě motoru s označením M3BP 71MB 4 se jedná o normální rozběh, který má definovanou maximální dobu na 10 s. Poměr záběrného proudu ku jmenovitému je přitom stanoven na 4,6. Vypínací třída se pro tyto hodnoty nastaví podle charakteristiky na *Obr. 4-28* na 5E, jelikož křivka je pod bodem maximální doby rozběhu. Při nastavení třídy vyšší (např. 10E) by mohlo dojít k poškození motoru, protože by na něj působilo přetížení delší dobu, než je povoleno.



Obr. 4-28 - Vypínací charakteristika UMC100.3 při rozběhu za studena [K6], upraveno

Ochrana při zablokovaném rotoru působí v okamžiku, kdy je motor připojen k síti a rotor se neotáčí. V tomto stavu nakrátko dosahuje proud opět několikanásobně vyšších hodnot, než je proud jmenovitý. Ochrannou funkci UMC lze v tomto případě nastavit na hodnotu poměru proudů procházejícího ku jmenovitému na 3 a čas odpojení na 1,5 s dle třídy 5E.

Ochrana při nadproudu zajišťuje odpojení motoru v případě, že jím prochází větší proud než jmenovitý (nastavený $I_n = 0{,}87$ A). Při spuštění motoru je tato ochrana až do doby roztočení motoru neaktivní. Princip funkce této ochrany je naznačen na *Obr. 4-29*.



T1 – ukončení rozběhu, aktivace ochrany

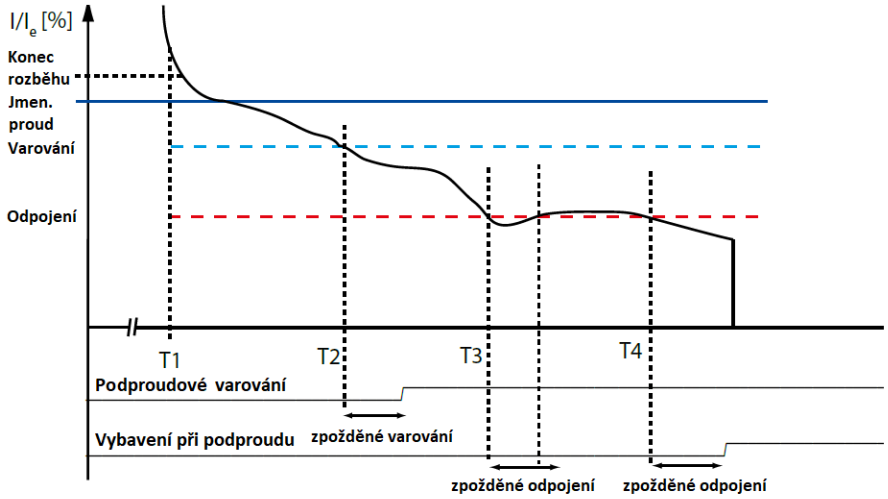
T2 – odpočet signalizace varování

T3 – odpočet odpojení motoru

T4 – odpojení motoru

Obr. 4-29 - Nadproudová ochrana UMC [K6], upraveno

Ochrana při podproudu zajišťuje odpojení motoru v případě průchodu proudu nižšího než jmenovitý (nastavený $I_n = 0{,}87$ A). Uplatňuje se především pro hlídání správné funkce pohonů, protože může zabránit provozu např. přetrženého pásového dopravníku. Princip funkce této ochrany je naznačen na *Obr. 4-30*.



T1 – ukončení rozběhu, aktivace ochrany

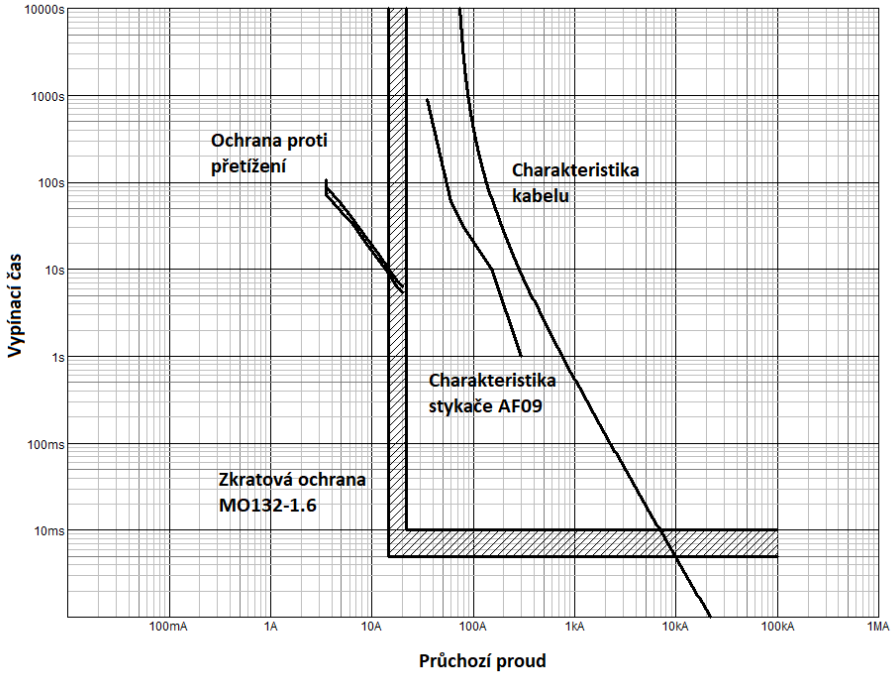
T2 – odpočet signalizace varování

T3 – odpočet odpojení motoru

T4 – odpojení motoru

Obr. 4-30 - Podproudová ochrana UMC [K6], upraveno

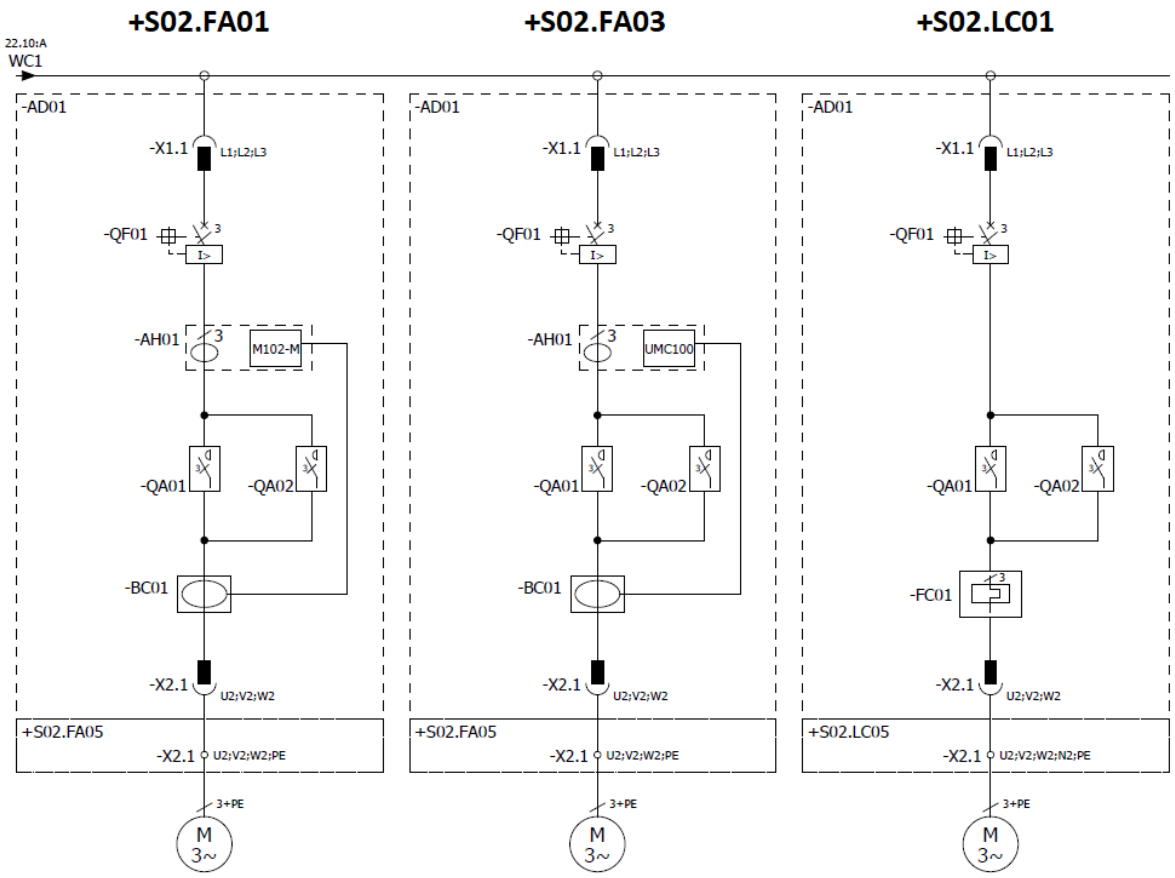
Popis a principy dalších ochranných funkcí jsou detailně popsány v návodu k UMC v [K6]. Tento motorový kontrolér (stejně jako M102-M) ke spouštění motoru vyžaduje dále stykač a ochranu proti zkratu, kterou zde zajišťuje manuální motorový spouštěč MO132 se jmenovitým zkratovým vypínacím proudem 50 kA (při 400 V a.c.). Správná koordinace charakteristik ochran proti přetížení a zkratu, stykače AF09 a zvoleného kabelu je uvedena na *Obr. 4-31*.



Obr. 4-31 - Koordinace charakteristik ochran a silových prvků pro moduly 8E/4

4.5.2.3 Motorové spouštěče v modulech velikosti 8E/2

Tyto motorové spouštěče se nachází na pozicích +S02.FA0x a konvenční provedení na pozici +S02.LC01. Konvenční modul je dimenzován stejně jako moduly 8E/4 na maximální příkon motoru 0,37 kW a zbývající dva moduly na 7,5 kW. Provedení všech spouštěčů je jinak téměř totožné jako u modulů v přechozí kapitole s tím rozdílem, že tyto spouštěče umožňují přímý a reverzní chod motoru (motor se tedy může točit jedním i druhým směrem). Toto zapojení totiž nebylo možné realizovat u menších modulů, protože by se do nich nevlezly dva stykače. Reálné provedení těchto výsuvných modulů je uvedeno v příloze C práce, která začíná na str. 88.

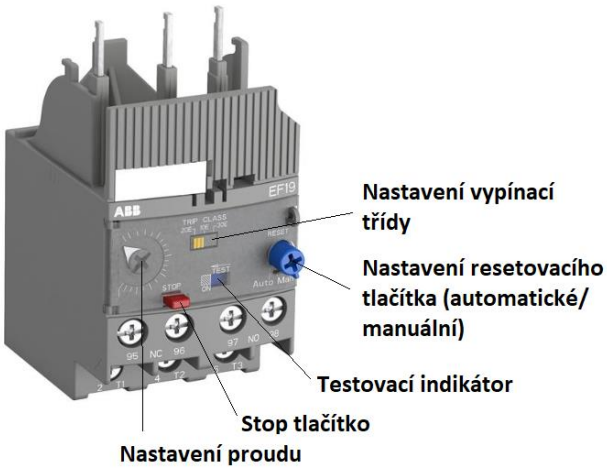


Obr. 4-32 - Jednopólová schémata motorových spouštěčů 8E/2

Jako hlavní vypínací prvek je u motorových spouštěčů s M102-M a UMC100.3 použit jistič **XT2S 160 MA**. Každý z těchto spouštěčů navíc využívá monitor reziduálních proudů (pro detekci zemního spojení) – v případě spouštěče s M102-M se jedná o **LNG70**, a v případě UMC100.3 o **CEM11-FBP-35**. Hlavní rozdíl mezi těmito zařízeními je, že LNG70 nevyžaduje externí napájení.

U konvenčního modulu oproti předešlému provedení další změny (kromě dalšího stykače) nejsou. Vzhledem k tomu, že tepelná ochrana se do jednoho ze stykačů zasunuje přímo, musely být oba stykače pootočeny o 90° oproti ostatním přístrojům (situace je naznačena na *Obr. C-6* v příloze C práce začínající na str. 88).

Nastavení ochrany u konvenčního spouštěče v modulu 8E/2 se provádí stejným způsobem jako u modulu 8E/4. Zkratová ochrana má fixně zvolené proudové hodnoty a je tedy nutné nastavit pouze parametry elektronické tepelné ochrany. V tomto případě se hodnoty nastavují ručně, a to konkrétně třída vypnutí a proud ochrany, jak je naznačeno na *Obr. 4-33*. Proud tepelné ochrany se nastavuje na jmenovitý proud motoru a vypínací třída opět podle vypínací charakteristiky.



Obr. 4-33 - Nastavení funkcí elektronické tepelné ochrany EF19 [K4], upraveno

Je však nutné brát ohled na fakt, že minimální vypínací třída je u této ochrany pouze 10E, což např. znemožňuje použití pro motor M3BP 71MB 4 z předchozí kapitoly.

Parametrizace ochran u spouštěčů s motorovými kontroléry provádí buď přes USB rozhraní, nebo lokálně pomocí připojeného ovládacího panelu. Každý z použitých kontrolérů používá jiný typ panelu. UMC100 využívá UMC100-PAN (na *Obr. C-7* v příloze C práce začínající na str. 88) a M102-M ovládací panel MD21 (na *Obr. C-8* taktéž v příloze C). Panely obou spouštěčů jsou v tomto případě umístěny přímo na čelní straně výsuvných modulů, a umožňují tak ovládání motoru a parametrizaci ochran přímo u rozváděče.

Nastavení ochranných funkcí u panelu MD21 se provádí obdobně jako u panelu k UMC100.3. Motorový spouštěč s M102-M může např. napájet litinový motor třídy účinnost IE3 s označením **M3BP 132SME 4** se štítkovými parametry dle *Tab. 4-6*.

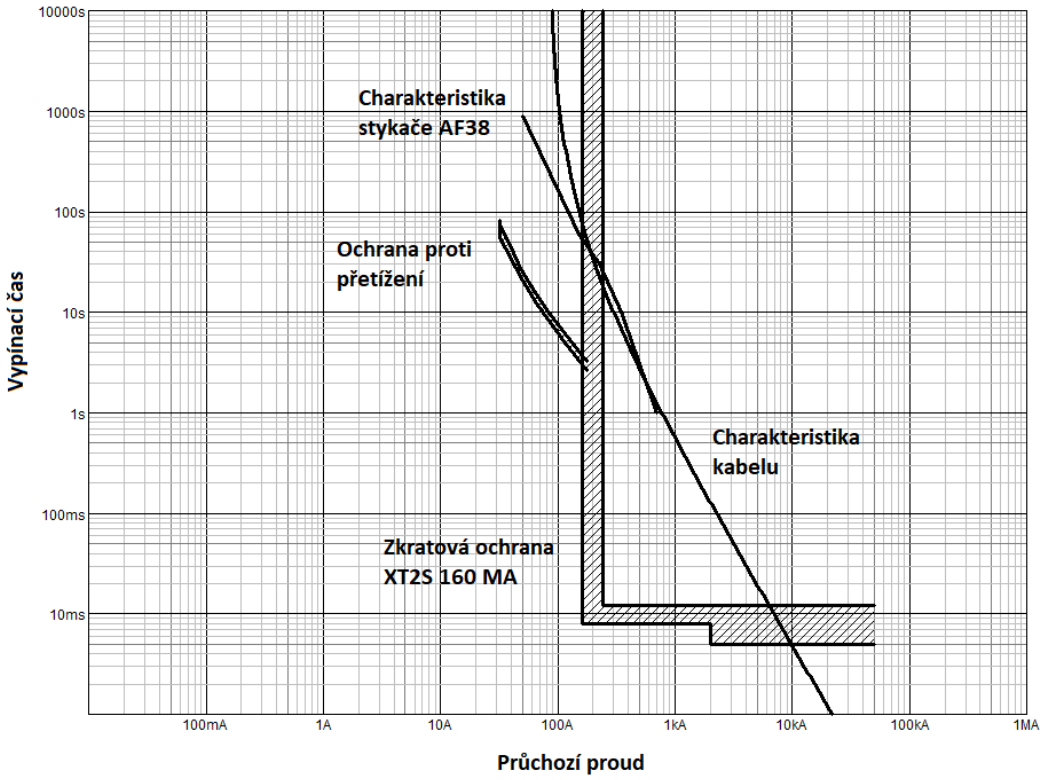
Obr. 4-34 - Motory účinnostní řady IE3 [K15]

Tab. 4-6 - Parametry motoru M3BP 132SME 4 [K15]

Jmen. příkon:	7,5 kW
Jmen. napětí:	400 V (D)
Jmen. frekvence:	50 Hz
Jmen. otáčky:	1462 min^{-1}
Jmen. (záběr.) proud:	15,7 A (124,03 A)
Účiník:	0,76

Podle charakteristiky uvedené v [K2] se určí vypínací třída, která na základě poměru záběrného ku jmenovitému proudu (7,9) a způsobu normálního rozběhu vychází 10E. Nadproudová ochrana se aktivuje sama při průchodu proudu vypočteného na základě štítkového proudu jmenovitého ($I_n = 15{,}7$ A) a okolní teploty, která je defaultně nastavena na 40 °C. Podobným způsobem probíhá výpočet i pro nastavování podproudové ochrany, která prakticky funguje na stejném principu jako ochrana proti chodu naprázdno (ta je však normálně vypnutá). Stejně jako v případě UMC lze nastavovat další ochranné funkce jako např. ochranu proti zaseknutému rotoru, výpadek fáze, fázovou nerovnováhu nebo ochranu proti zemnímu spojení. Pro konkrétnější nastavení ochran je nutné znát přesný způsob provozu motoru a řídit se manuálem poskytovaným výrobcem zařízení.

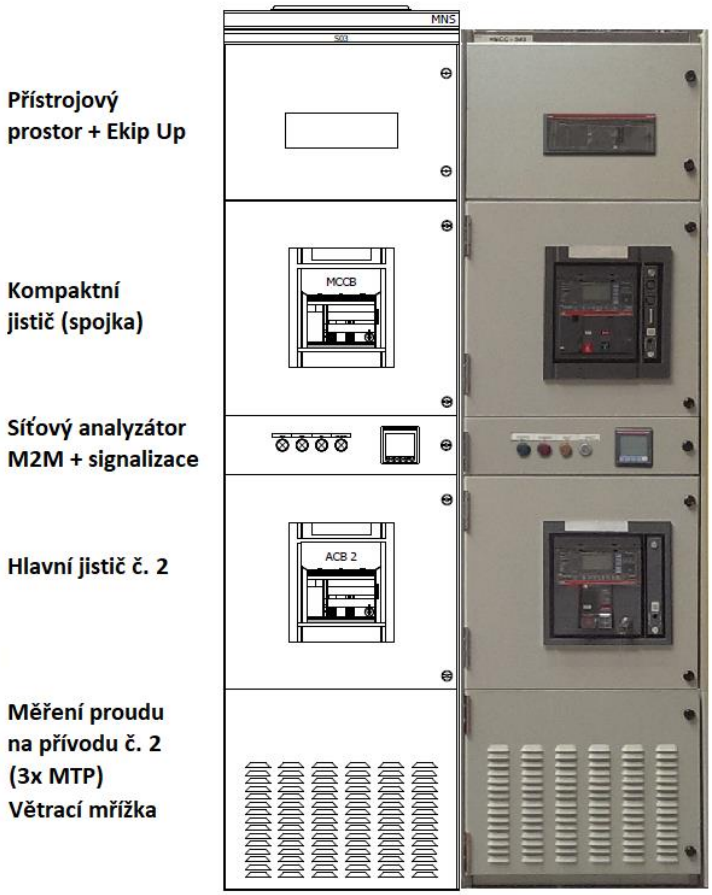
Ochrana proti zkratu je obou spouštěčů s motorovými kontroléry zajištěna jističem XT2S 160 MA se stejným jmenovitým zkratovým vypínacím proudem jako u MO132, a to 50 kA při 400 V a.c. Koordinace charakteristik s jističem XT2S a dalšími silovými prvky z modulu s M102-M je uvedena na *Obr. 4-35*. Z uvedené charakteristiky je patrné, že použité typy stykače a kabelu by nebyly bez použití ochrany proti přetížení dostatečně chráněny.



Obr. 4-35 - Koordinace charakteristik ochran a silových prvků pro moduly 8E/2

4.5.3 Přívodní sekce +S03

Třetí sekce (+S03) je další přívodní sekcí se šířkou 600 mm a podle *Obr. 4-36* je členěna na pět částí. V horní části se nachází přístrojový prostor se zařízením Ekip Up a pod ním kompaktní jistič spojující přípojnicové systémy. Uprostřed sekce je, stejně jako v +S01, analyzátor sítě M2M se světelnou signalizací stavů hlavního jističe č. 2. Ve spodní části této sekce jsou dále přípojnice s násuvnými měřicími transformátory proudu, které měří proudy na přívodu. Přípojnice poté vedou do vzduchového jističe E1.2C 800, který je označován jako hlavní jistič č. 2.



Obr. 4-36 - Přívodní sekce +S03 (navržené a reálné provedení)

Provedení této sekce je dosti analogické provedení přívodní sekce č. 1, takže popisu jednotlivých částí nemusí být věnována velká pozornost. Hlavním rozdílem je provedení přístrojového prostoru v horní části, ve kterém jsou umístěny svorkovnice, relé k hlavním jističům, jističe chránící ovládací cívky stykačů a měřicí relé. Za zmínku stojí zařízení Ekip Up, které je osazeno do dveří tohoto prostoru a umožňuje provádět jističům typu Tmax funkci automatického záskoku, která je popsána v kapitole ATS na str. 42.

5. ANALÝZA PARAMETRŮ OVLÁDACÍCH A ŘÍDÍCÍCH OBVODŮ ROZVÁDĚČE

Na základě požadavků společnosti ABB s.r.o. se práce zabývá analýzou parametrů řídicích a ovládacích obvodů rozváděče z hlediska maximální velikosti impedance zkratové smyčky a úbytků napětí. Na impedanci zkratové smyčky silových (a případně ovládacích) kabelů má vliv jejich délka, která musí být omezena tak, aby byla zajištěna optimální ochrana při zkratu. Potenciální zákazník má totiž definované svorky, ke kterým připojuje své spotřebiče, a stejně tak svorky k připojení ovládacích tlačítek.

Analýza úbytků napětí byla provedena pro maximální délky použitých kabelů, s ohledem na velikost záběrového proudu motoru u kabelů silových. U ovládacích kabelů má úbytek napětí mj. vliv na velikost logických signálů do motorových kontrolérů a případně na funkci cívky stykače při spínacích operacích. Problematikou vlivu délky ovládacích kabelů na funkci stykače se zabývá poslední podkapitola, která uvažuje i vliv kapacity způsobující nerozpínání kontaktů.

5.1 Délky kabelů připojených k rozváděči

Cílem této kapitoly je analyzovat maximální délky kabelů mezi rozváděčem a svorkami připojeného spotřebiče (např. motoru nebo jiného odběru), aby byla zajištěna ochrana tohoto spotřebiče při jednofázovém zkratu. Z tohoto důvodu musí být určeny maximální délky kabelů (s odpovídajícími rezistancemi), které neomezí průchozí zkratový proud na hodnotu nižší, než je hodnota vybavovacího proudu elektromagnetické spouště jističe. V opačném případě by zkratová ochrana nemusela zareagovat včas a mohlo by dojít k poškození některých zařízení (především k nadměrné opotřebení stykače a kontaktního systému v MNS).

Dle směrnice [12] se výpočet maximálních délek kabelů provádí za normálních provozních podmínek a způsobů uložení kabelů. V tomto případě se jedná o okolní teplotu 20 °C, uvažuje se čtyřžilový kabelový svazek a neuvažuje se úbytek napětí. Specifický průřez kabelu je dán:

- jmenovitým proudem rozváděče s odpovídajícím minimálním průřezem připojitelného kabelu ke spotřebiči a
- maximálním průřezem kabelu, který lze připojit do tzv. kondaptoru (připojovací jednotky) v kabelovém prostoru.

Situace spotřebiče (motoru) připojeného k rozváděči je naznačena na *Obr. 5-1*.

Obr. 5-1 - Maximální délka kabelu od rozváděče ke spotřebiči [12], upraveno

5.1.1 Určení maximálních délek kabelů při zkratu

Výpočet maximální délky kabelu přivedeného z rozváděče ke spotřebiči vychází dle [12] z určení jeho celkové impedance. Celkovou impedanci zkratové smyčky lze určit ze známého vztahu pro velikost počátečního rázového zkratového proudu I_k'', který je definován:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_e}{\sqrt{3} \cdot Z_{celk}}, \tag{5.1}$$

kde I_k'' je počáteční rázový zkratový proud (A),

c je napěťový součinitel pro výpočet zkratových proudů (-),

U_e je jmenovité pracovní napětí rozváděče (sdružená hodnota) (V),

Z_{celk} je celková impedance zkratové smyčky (modul) (Ω).

Napěťový součinitel c respektuje možné zvýšení napětí v nn síti dle stanovené tolerance (podle [15] je $c = 1{,}1$). Jmenovité pracovní napětí prezentačního rozváděče je 400 V, jeho ovládací a pomocné napětí jsou pak 230 V a.c. a 24 V d.c.

Ze vztahu (5.1) se dále vyjádří Z_{celk}, přičemž hodnota I_k'' zde odpovídá proudu elektromagnetické spouště jističe, který je pro účely této práce označen I_m. Uvažujeme-li, že celkovou impedanci smyčky tvoří pouze rezistance, platí pro celkovou rezistanci zkratové smyčky R_{celk} vztah:

$$R_{celk} = \frac{c \cdot U_e}{\sqrt{3} \cdot I_m} \tag{5.2}$$

Do této hodnoty je započtena i rezistance hlavního jistícího prvku MSD, a případně pojistky. Rezistance kabelu ke spotřebiči se určí rozdílem těchto hodnot podle vztahu:

$$R_{kabel} = R_{celk} - R_{MSD} - R_{pojistka}, \tag{5.3}$$

kde R_{kabel} je rezistance kabelu připojeného ke spotřebiči (Ω),

R_{celk} je celková rezistance zkratové smyčky (Ω),

R_{MSD} je rezistance hlavního jistícího prvku MSD (Ω),

$R_{pojistka}$ je rezistance pojistky (Ω).

S využitím rovnice (5.3) se následně vypočte maximální délka kabelu jako:

$$l_{max} = \frac{R_{kabel}}{R_k}, \tag{5.4}$$

kde l_{max} je maximální délka kabelu připojeného ke spotřebiči (m),

R_{kabel} je rezistance kabelu (Ω),

R_k je měrná rezistance kabelu (Ω/m).

5.1.1.1 Výpočet maximálních délek kabelů pro silové obvody

Pro konkrétní výpočet jsou v této kapitole použity kabely NYY-J 0.6 kV, NYCY 0.6/1 kV a NYCWY 0.6/1 kV, které mají podle katalogových údajů při odpovídajících průřezech a okolní teplotě 20 °C shodné hodnoty měrných rezistancí, jak uvádí *Tab. D-1* v příloze D práce na str. 91. Při výpočtech jsou zanedbány délky silových kabelů v jednotlivých modulech, protože mají v porovnání s připojitelnými kabely zanedbatelnou délku, a nehrají tudíž důležitou roli.

1) Motorové spouštěče

Motorové spouštěče v prezentačním rozváděči využívají jako hlavní jistící prvek manuální motorový startér **MO132-1.6** nebo jistič **XT2S 160 MA 20**. Oba jistící prvky mají z hlediska zkratové smyčky zanedbatelnou rezistanci, takže je celková rezistance zkratové smyčky dána pouze rezistancí kabelu. Jistič MO132-1.6 se jmenovitým proudem 1,6 A má podle katalogu [K17] vypínací proud elektromagnetické spouště $I_m = 18{,}4$ A. Rezistance zkratové smyčky pro MO132-1.6 může být tedy maximálně:

$$R_{MO132} = \frac{c \cdot U_e}{\sqrt{3} \cdot I_m} = \frac{1{,}1 \cdot 400\ \text{V}}{\sqrt{3} \cdot 18{,}4\ \text{A}} = 13{,}806\ \Omega \tag{5.5}$$

Použité jističe XT2S 160 MA 20 mají jmenovitý proud 20 A a podle [K18] nastavitelný vypínací proud elektromagnetické spouště v rozsahu 120 A až 280 A. V případě spodní hranice tohoto proudového rozsahu může být celková rezistance poruchové smyčky maximálně:

$$R_{XT2S} = \frac{c \cdot U_e}{\sqrt{3} \cdot I_m} = \frac{1{,}1 \cdot 400\ \text{V}}{\sqrt{3} \cdot 120\ \text{A}} = 2{,}117\ \Omega \tag{5.6}$$

Při použitém typu kabelu z předchozí kapitoly (např. NYY-J 0.6 kV s průřezem 2,5 mm^2) se pro čtyřžilový kabelový svazek uvažuje čtyřnásobek uvedené měrné rezistance. Maximální délka kabelu při použití jističe MO132-1.6 poté vychází:

$$l_{MO132} = \frac{R_{MO132}}{4 \cdot R_{k2,5}} = \frac{13{,}806\ \Omega}{4 \cdot 7{,}41 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}} = 465{,}79\ \mathrm{m} \tag{5.7}$$

Maximální délka stejného typu kabelu (při 6 mm^2) vychází pro jistič XT2S 160 MA 20:

$$l_{XT2S} = \frac{R_{XT2S}}{4 \cdot R_{k6}} = \frac{2{,}117\ \Omega}{4 \cdot 3{,}08 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}} = 171{,}83\ \mathrm{m} \tag{5.8}$$

Pro uvedené jistící prvky byla vytvořena tabulka maximálních možných délek kabelů, které lze připojit k motorovým spouštěčům tak, aby byla zajištěna ochrana při zkratu. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v závislosti na průřezech použitých kabelů, přičemž každý jistící prvek lze použít pro rozsah průřezů uvedených v tabulce:

Tab. 5-1 - Vypočtené maximální délky kabelů k motorovým spouštěčům

Jmenovitý průřez (mm2)	**Maximální délky kabelů (m)**	
	MO132-1.6 (I_n = 1,6 A)	XT2S 160 MA 20 (I_n = 20 A)
2.5	465,8	
4	748,7	
6	1121	171,8
10	1886	289,2
16	3001	460,2
25		728,0
35		1010
50		1368
70		1975
95		2742
120		3459
150		4268
185		5240
240		6829
2x240		13658

2) Distribuční moduly a slimline

Distribuční modul na pozici +S02.DA04 využívá jako hlavní jistící prvek pojistkový odpínač s celým označením **OS63DSL40N1MNS** a nožovými pojistkami OFA000H20, které mají podle [K8] jmenovitý proud 20 A a ztrátový výkon 2,3 W. Ze ztrátového výkonu se určí rezistance pojistky jako:

$$R_{pojistka} = \frac{P}{I^2} = \frac{2{,}3\ \mathrm{W}}{(20\ \mathrm{A})^2} = 5{,}75\ \mathrm{m\Omega} \tag{5.9}$$

Rezistance R_{MSD} je díky nízké hodnotě opět zanedbatelná. Podle [12] se výpočet maximální délky kabelu provádí podle potřeby zákazníka, který má stanovenou hodnotu proudu, při kterém dojde k přepálení pojistky. V tomto případě se může jednat o 5násobek jmenovitého proudu, tedy 100 A. Maximální (celková) rezistance zkratové smyčky tedy je:

$$R_{celk,OS63} = \frac{c \cdot U_e}{\sqrt{3} \cdot I_m} = \frac{1{,}1 \cdot 400\ \mathrm{V}}{\sqrt{3} \cdot 100\ \mathrm{A}} = 2{,}5403\ \Omega \tag{5.10}$$

Při uvažování rezistance pojistky se dále určí maximální rezistance kabelu ke spotřebiči:

$$\begin{aligned} R_{OS63} = R_{celk,OS63} - R_{pojistka} &= 2{,}5403\ \Omega - 5{,}75 \cdot 10^{-3}\ \Omega \\ &= 2{,}535\ \Omega \end{aligned} \tag{5.11}$$

Vypočtená rezistance vymezuje délku kabelu NYY-J 0.6 kV o průřezu 6 mm^2 na hodnotu:

$$l_{OS63} = \frac{R_{OS63}}{4 \cdot R_{k6}} = \frac{2{,}535\ \Omega}{4 \cdot 3{,}08 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}} = 205{,}76\ \mathrm{m}$$

Distribuční modul na pozici +S02.LC03 má hlavní jistící prvek **XT2S 160 Ekip LSIG** se jmenovitým proudem 25 A a vypínacím proudem elektromagnetické spouště dle [K18] v rozsahu 120 A až 280 A. Příklad výpočtu maximálních délek kabelů byly pro tento jistič uvedeny již dříve u motorových spouštěčů a výsledky jsou identické.

V případě slimline modulu jsou v obou případech použity nožové pojistky OFA000H10 se jmenovitým proudem 10 A a výpočet maximálních délek kabelů je v tomto případě obdobný jako u distribučních modulů výše.

Výsledné hodnoty maximálních délek kabelů o odpovídajících průřezech jsou pro použité jistící prvky všech distribučních a slimline modulů shrnuty v *Tab. 5-2*.

Tab. 5-2 - Vypočtené maximální délky kabelů k distribučním a slimline modulům

Jmenovitý průřez (mm^2)	**Maximální délky kabelů (m)**		
	OS63 ($I_{n,pojistka}$ = 20 A)	XT2S 160 Ekip LSIG (I_n = 25 A)	XRE00-50-4P ($I_{n,pojistka}$ = 10 A)
2.5			171,0
4			274,9
6	205,8	171,8	411,5
10	346,3	289,2	692,6
16	551,1	460,2	1102
25	871,7	728,0	
35	1209	1010	
50	1638	1368	
70	2365	1975	
95		2742	
120		3459	
150		4268	
185		5240	
240		6829	
2x240		13658	

5.1.1.2 Výpočet maximálních délek kabelů pro ovládací obvody

Jednotlivé výsuvné moduly rozváděče (především motorové spouštěče) lze ovládat pomocí různých spínačů a přepínačů, které si k rozváděči připojí koncový uživatel. Stejně jako pro silové obvody, je nutné i pro ovládací obvody definovat maximální délky kabelů připojitelných k rozváděči, aby byly ovládací kabely dostatečně chráněny při zkratu. Výpočet v této kapitole je proveden pro nejhorší možný případ tak, že je uvažována maximální zaplněnost jednotlivých modulů ovládacími kabely. Informace o délkách použitých kabelů byla přitom získána z kusovníků k modulům z programu MNS Engineer.

Dle standardizovaných postupů jsou ovládací obvody všech výsuvných modulů chráněny miniaturním jističem **S201-C1** se jmenovitým proudem 1 A a vypínacím proudem zkratové spouště $I_m = 10$ A. Tento fakt značně ulehčuje výpočet, ovšem každá velikost modulu umožňuje použití různých kabelových délek. Navíc je nutné počítat s různým počtem připojitelných tlačítek a také s faktem, že se na rozdíl od předešlého případu jedná o jednofázové obvody, kde se navíc často vyskytuje pomocné (ovládací) napětí 24 V d.c.

Do modulů velikosti 8E/4 jsou podle kusovníků použity kabely s maximální délkou $l_{8E4} = 10$ m a do modulů 8E/2 kabely s délkou $l_{8E2} = 20$ m. Rezistance připojitelných kabelů vychází z parametrů konkrétních kabelů, které byly v modulech použity. Jedná se o kabely H05Z-K, jejichž měrné rezistance jsou vyčísleny v příloze D práce v *Tab. D-2* na str. 91.

Výpočet maximálních kabelových délek je proveden s ohledem na počet svorek, ke kterým si může zákazník připojit ovládací zařízení (spínače atd.). Výpočet se přitom týká pouze motorových spouštěčů, protože k distribučním modulům se ovládací zařízení nepřipojuje.

Pro výpočet maximálních délek ovládacích kabelů u motorových spouštěčů platí vztah:

$$R_{kabel} = R_{celk} - R_{modul} - R_{MCB}, \tag{5.12}$$

kde R_{kabel} je rezistance připojitelného kabelu k ovládacímu zařízení (Ω),

R_{celk} je celková rezistance zkratové smyčky (Ω),

R_{modul} je celková rezistance kabelů použitých v modulu (Ω),

R_{MCB} je vnitřní rezistance miniaturního jističe MCB (Ω).

Výpočet R_{celk} se provede opět podle rovnice (5.2) a hodnota vnitřní rezistance pro S201-C1 je podle [K19] $R_{MCB} = 1{,}44\ \Omega$. Dále je nutné určit rezistanci ovládacích kabelů v jednotlivých modulech, přičemž všechny ovládací obvody modulů obsahují kabel o průřezu 1 mm^2 s měrnou rezistancí $R_{k1} = 19{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}$. Celková rezistance kabelů použitých v modulech 8E/4 je tedy:

$$R_{modul,8E4} = R_{k1} \cdot l_{8E4} = 19{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m} \cdot 10\ \mathrm{m} = 0{,}195\ \Omega \tag{5.13}$$

Rezistance ovládacích kabelů v modulech 8E/2 je dvojnásobná, tzn. $R_{modul,8E2} = 0{,}39\ \Omega$.

Pro napájení obvodů na 24 V d.c. je použit zdroj **CP-C.1 24/20.0**, který má dle [K10] toleranci výstupního napětí ± 1 % jmenovitého napětí. Celková dovolená rezistance zkratové smyčky pro ovládací obvody na 24 V d.c. je tedy:

$$R_{celk,24V} = \frac{U_{max,24}}{I_m} = \frac{1{,}01 \cdot 24\ \mathrm{V}}{10\ \mathrm{A}} = 2{,}424\ \Omega \tag{5.14}$$

Pro ovládací obvody s napětím 230 V a.c. je celková dovolená rezistance:

$$R_{celk,230V} = \frac{U_{max,230}}{I_m} = \frac{1{,}1 \cdot 230\ \mathrm{V}}{10\ \mathrm{A}} = 25{,}3\ \Omega \tag{5.15}$$

Maximální rezistance kabelů připojitelných k ovládacím obvodům modulů o velikosti 8E/4 na 24 V d.c. je:

$$\begin{aligned} R_{kab24V,8E4} &= R_{celk,24V} - R_{modul,8E4} - R_{MCB} \\ &= 2{,}424\ \Omega - 0{,}195\ \Omega - 1{,}44\ \Omega = 0{,}789\ \Omega \end{aligned} \tag{5.16}$$

Tato rezistance musí být konkrétně pro modul na pozici +S02.DA01 rozdělena mezi čtyři svorky (-X10.1:11, 22, 12, 21), jejichž počet lze obecně označit jako n. Maximální délka připojitelného kabelu o průřezu 1 mm^2 tedy je:

$$l_{DA01,24V} = \frac{R_{kab24V,8E4}}{n \cdot R_{k1}} = \frac{0{,}789\ \Omega}{4 \cdot 19{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}} = 10{,}12\ \mathrm{m} \tag{5.17}$$

U modulů velikosti 8E/4 s ovládacím napětím 230 V a.c. je maximální rezistance:

$$\begin{aligned} R_{kab230V,8E4} &= R_{celk,230V} - R_{modul,8E4} - R_{MCB} \\ &= 25{,}3\ \Omega - 0{,}195\ \Omega - 1{,}44\ \Omega = 23{,}665\ \Omega \end{aligned} \tag{5.18}$$

Pro ovládací obvody s napětím 230 V a.c. lze k modulu na pozici +S02.DA01 připojit tlačítko nouzového vypínače (svorky -X10:14 a 24) s max. délkou kabelu při průřezu 1 mm^2:

$$l_{DA01,230V} = \frac{R_{kab230V,8E4}}{n \cdot R_{k1}} = \frac{23{,}665\ \Omega}{2 \cdot 19{,}5 \cdot 10^{-3}\ \Omega/\mathrm{m}} = 606{,}79\ \mathrm{m} \tag{5.19}$$

Při porovnání vypočtených kabelových délek připojitelných k ovládacím obvodům je patrné, že k obvodům na 230 V a.c. lze připojit značně delší kabely. Tento fakt je dán typem použitého jističe, který je v případech obou druhů napětí stejný, a tudíž umožňuje pro ovládací napětí 230 V a.c. využít značně větších rezistancí kabelů k tlačítkům.

Ostatní vypočtené hodnoty jsou uvedeny v *Tab. 5-3*. Tyto hodnoty obecně vyjadřují maximální vzdálenosti ovládacích tlačítek od rozváděče, přičemž rezistance těchto tlačítek nebyly při výpočtu uvažovány.

Tab. 5-3 - Vypočtené maximální délky ovládacích kabelů

Mot. spouštěče		**Maximální délky kabelů (m)**							
Pozice modulu:		+S02:DA01/ +S02:DA02		+S02: DA03	+S02:FA01		+S02:FA03		+S02: LC01
Napětí ovl. obvodů:		24 V d.c.	230 V a.c.	230 V a.c.	24 V d.c.	230 V a.c.	24 V d.c.	230 V a.c.	230 V a.c.
Jmenovitý průřez (mm^2)	0,5	5,06	302,1	100,7	1,17	299,6	1,69	299,6	85,6
	0,75	7,59	453,2	151,1	1,76	449,4	2,54	449,4	128,4
	1	10,12	604,2	201,4	2,34	599,2	3,38	599,2	171,2
	1,5	14,83	885,9	295,3	3,44	878,6	4,96	878,6	251,0
	2,5	24,72	1476,5	492,2	5,73	1464,3	8,27	1464,3	418,4
	6	59,77	3570,5	1190,2	13,85	3540,9	20,00	3540,9	1011,7

5.1.2 Analýza silových obvodů na úbytky napětí

Spotřebiče připojené k silovým obvodům rozváděče mají obecně definované tolerance napájecích napětí. Na kabelech vedoucích z rozváděče vzniká úbytek napětí, který závisí na délce kabelu. Pro potřeby použití rozváděče je nutné znát tyto úbytky, aby budoucí zákazník věděl, do jaké vzdálenosti od rozváděče lze spotřebič připojit s ohledem na jeho napěťovou toleranci.

Výstupní napětí silových obvodů rozváděče je 400 V a.c., přičemž pro úbytek napětí je počítáno s fázovou hodnotu 230 V a.c. Při jmenovitém proudu hlavního jistícího prvku je procentuální úbytek napětí na maximální délce kabelu dán vztahem:

$$\Delta U_{\%max} = 100\ \% \cdot \frac{(R_k \cdot l_{max}) \cdot I_{MSD}}{U_{nf}}, \tag{5.20}$$

kde $\Delta U_{\%max}$ je procentuální úbytek napětí na maximální délce kabelu (V),

R_k je měrná rezistance kabelu (Ω/m),

l_{max} je maximální dovolená délka kabelu (m),

I_{MSD} je jmenovitý proud hlavního jistícího prvku (A),

U_{nf} je jmenovité (fázové) napětí silových obvodů (V).

1) Motorové spouštěče

Při výpočtech úbytků napětí na silových kabelech motorových spouštěčů je třeba brát ohled na tzv. záběrový proud motoru, který se pro normální rozběh dle [K11] pohybuje v rozmezí 6 až 7násobku jmenovitého proudu (u těžkých rozběhů je to 9 až 10násobek). Hodnota záběrového proudu obecně závisí na způsobu zapojení vinutí a velikosti motoru.

Příklad výpočtu úbytku napětí pro motorový spouštěč s jističem MO132-1.6 je uveden na následujících řádcích. Pro výpočet podle rovnice (5.20) je použita maximální délka kabelu (z *Tab. 5-1* z předchozí kapitoly), která pro průřez 2,5 mm^2 činí 465,8 m:

$$\Delta U_{\%MO132} = 100\ \% \cdot \frac{(7{,}41 \cdot 10^{-3}\,\Omega/\mathrm{m} \cdot 465{,}8\ \mathrm{m}) \cdot 1{,}6\ \mathrm{A}}{230\ \mathrm{V}} = 2{,}401\ \% \tag{5.21}$$

Takto stanovený úbytek napětí platí pro případ, že obvodem teče jmenovitý proud jističe. Z hlediska zmíněných záběrových proudů je však nutné počítat s krátkodobým zvýšením úbytku napětí, který bude úměrný *m*-násobku jmenovitého proudu. V tomto případě se může jednat až o 7násobek, protože motorové spouštěče jsou navrženy pro normální rozběh motoru:

$$\Delta U_{\%MO132,záběr} = m \cdot \Delta U_{\%,MO132} = 7 \cdot 2{,}401\ \mathrm{V} = 16{,}807\ \% \tag{5.22}$$

Veškeré vypočtené úbytky napětí jsou pro oba použité hlavní jistící prvky uvedeny v *Tab. 5-4*. Tabulka také uvádí maximální délky kabelů pro motory se záběrovým proudem $7 \cdot I_n$ při maximálním úbytku napájecího napětí 10 %. Při uvedených maximálních délkách je zaručena správná funkčnost zařízení jistícího proti zkratu.

Tab. 5-4 - Vypočtené úbytky napětí na kabelech motorových spouštěčů

Jmenovitý průřez (mm²)	**MO132-1.6 (I_n = 1,6 A)**				**XT2S 160 MA 20 (I_n = 20 A)**			
	$I = I_n$		$I = 7 \cdot I_n$		$I = I_n$		$I = 7 \cdot I_n$	
	ΔU (%)	l_{max} (m)	ΔU (%)	l_{max} (m)	ΔU (%)	l_{max} (m)	ΔU (%)	l_{max} (m)
2.5		465,79		277,14				
4		748,70		445,46				
6	2,4	1121	10	666,74		171,8		53,34
10		1886		1122		289,2		89,77
16		3001		1786		460,2		142,9
25						728,0		226,0
35						1010		313,5
50						1368		424,5
70					4,6	1975	10	613,0
95						2742		851,2
120						3459		1074
150						4268		1325
185						5240		1627
240						6829		2120
2x240						13658		4240

2) Distribuční moduly

Výpočet úbytků napětí pro distribuční moduly je obdobný jako v předešlém případě, ovšem s tím rozdílem, že parametr I_{MSD} je ve vztahu (5.20) nahrazen jmenovitým proudem použité pojistky $I_{n,pojistka}$. Např. pro pojistkový odpínač OS63 s nožovými pojistkami se jmenovitým proudem 20 A je úbytek napětí na kabelu NYY-J 0.6 kV o průřezu 6 mm²:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\%OS63} &= 100\ \% \cdot \frac{(R_{k6} \cdot l_{max}) \cdot I_{n,pojistka}}{U_{nf}} \\ &= 100\ \% \cdot \frac{(3{,}08 \cdot 10^{-3}\,\Omega/\mathrm{m} \cdot 205{,}8\ \mathrm{m}) \cdot 20\mathrm{A}}{230\ \mathrm{V}} \\ &= 5{,}512\ \% \end{aligned} \tag{5.23}$$

Stejný úbytek napětí je vypočten při použití maximálních délek kabelů u obou slimline modulů se jmenovitými proudy pojistek $I_{n,pojistka} = 10$ A. Další vypočtené hodnoty jsou uvedeny v *Tab. 5-5*.

Tab. 5-5 - Vypočtené úbytky napětí na kabelech distribučních modulů

<table>
<tr><th rowspan="2">Jmenovitý průřez (mm²)</th><th colspan="2">OS63 ($I_{n,pojistka}$ = 20 A)</th><th colspan="2">XT2S 160 Ekip LSIG (I_n = 25 A)</th><th colspan="2">XRE00-50-4P ($I_{n,pojistka}$ = 10 A)</th></tr>
<tr><th>ΔU (%)</th><th>l_{max} (m)</th><th>ΔU (%)</th><th>l_{max} (m)</th><th>ΔU (%)</th><th>l_{max} (m)</th></tr>
<tr><td>2.5</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="5">5,51</td><td>171,0</td></tr>
<tr><td>4</td><td>274,9</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="4">5,51</td><td>205,8</td><td rowspan="8">5,75</td><td>171,8</td><td>411,5</td></tr>
<tr><td>10</td><td>346,3</td><td>289,2</td><td>692,6</td></tr>
<tr><td>16</td><td>551,1</td><td>460,2</td><td>1102</td></tr>
<tr><td>25</td><td>871,7</td><td>728,0</td><td colspan="2" rowspan="8"></td></tr>
<tr><td>35</td><td>1209</td><td>1010</td></tr>
<tr><td>50</td><td>1638</td><td>1368</td></tr>
<tr><td>70</td><td>2365</td><td>1975</td></tr>
<tr><td>95</td><td colspan="2" rowspan="6"></td><td>2742</td></tr>
<tr><td>120</td><td>3459</td></tr>
<tr><td>150</td><td>4268</td></tr>
<tr><td>185</td><td>5240</td></tr>
<tr><td>240</td><td>6829</td></tr>
<tr><td>2x240</td><td>13658</td></tr>
</table>

5.2 Vliv délky ovládacích kabelů na funkci stykače

Délka kabelů ovládacího obvodu může mít vliv na správnou funkci použitého stykače. Za jistých okolností totiž může nadměrná délka těchto kabelů zabraňovat spínání nebo rozepínání jeho kontaktů, což může být zapříčiněno [12]:

- **Nespínání** – nadměrných úbytkem napětí (ve stejnosměrných i střídavých obvodech)
- **Nerozepínání** – nadměrnou kapacitou (pouze ve střídavých obvodech)

Případné nespínání kontaktů stykače je tedy možné analyzovat pomocí úbytků napětí. Pro výpočet úbytků napětí na ovládacích obvodech lze vycházet z dříve uvedené *Tab. 5-3,* která v sobě zahrnuje informace o maximálních délkách kabelů pro správné zapůsobení zkratové ochrany.

Pomocí jednoduchých výpočtů podle rovnice (5.20) bylo zjištěno, že při použití maximálních délek ovládacích kabelů vzniká na kabelech pouze malý úbytek napětí, který dle *Tab. 5-6* až na případ modulů s kontroléry UMC100.3 DC a M102-M nepřesahuje 1,7 % jmenovitého napětí.

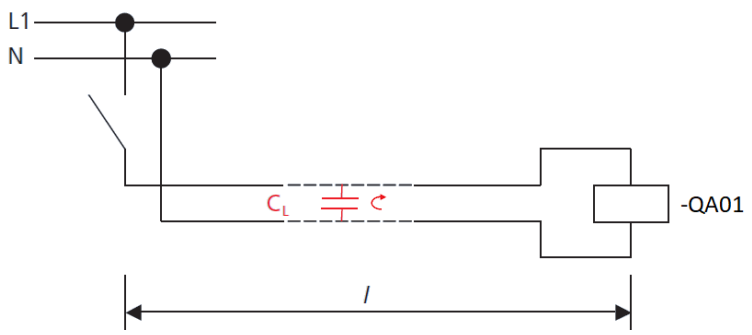
Tab. 5-6 - Úbytky napětí při maximálních délkách ovládacích kabelů

Pozice modulu:	+S02:DA01		+S02:DA02		+S02: DA03	+S02:FA01		+S02:FA03		+S02: LC01
Napětí ovl. obvodů:	24 V d.c.	230 V a.c.	24 V d.c.	230 V a.c.	230 V a.c.	24 V d.c.	230 V a.c.	24 V d.c.	230 V a.c.	230 V a.c.
Max. úbytek napětí (%)	0,82	5,1	0,82	5,1	1,7	0,19	5,1	0,28	5,1	1,5

U zmíněných kontrolérů se hodnota úbytků pohybuje do 5,1 %, avšak tento úbytek byl vyčíslen pro ovládací obvody na 230 V a.c., ke kterým se připojuje pouze tlačítko nouzového vypnutí (nebo je svorka můstkem zkratována). U reverzačních modulů na pozicích +S02.FA01 a +S02.FA03 jsou přes tento nouzový vypínač připojeny cívky stykačů AF38, které mají však tolerovaný úbytek až 15 % z minimálního napětí pro přítah (15 % ze 100 V), takže v tomto případě není s úbytkem problém.

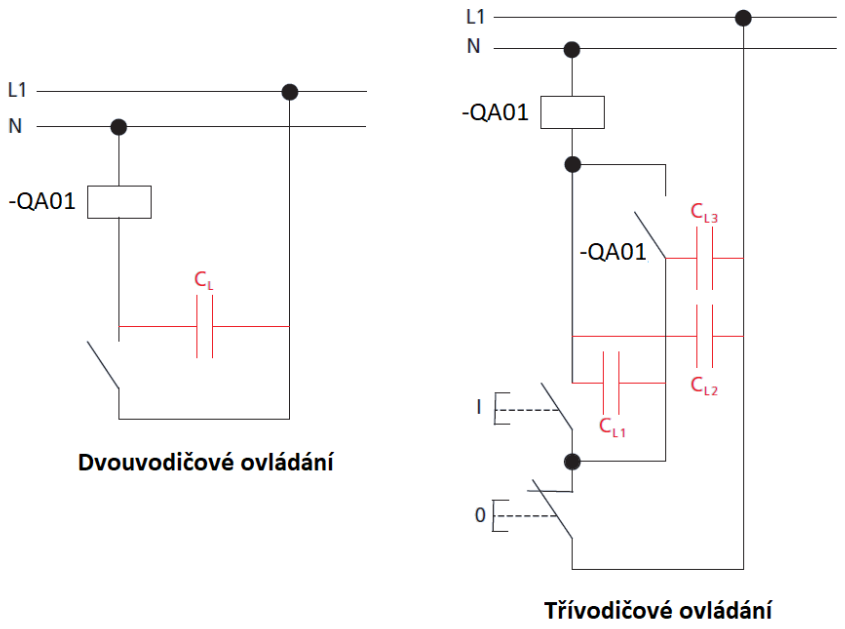
Pro motorové kontroléry je dále důležitý úbytek napětí na ovládacích obvodech na 24 V d.c. Toto napětí umožňuje do kontrolérů posílat signály, které řídí jednotlivé procesy. Podle katalogu [K3] se tolerance vstupních signálů ve formě logické 1 pohybuje v rozmezí 15 až 31,5 V d.c., takže spodní hranice úbytku napětí (na obvodech na 24 V d.c.) pro příjem signálu je přitom 37,5 %. Této hodnoty úbytku by v ovládacích obvodech nemělo být teoreticky nikdy dosaženo, takže lze konstatovat, že signalizace do motorových kontrolérů funguje správně.

Dalším zajímavým jevem je efekt kapacity přítomné v ovládacích obvodech, která může způsobovat nerozepínání kontaktů stykače. Tato kapacita se dle [10] projeví v případě odpojení cívky stykače od napájecího napětí, kdy podle *Obr. 5-2* stále dochází k průchodu proudu přes zdánlivou kapacitu ovládacích kabelů a kontakty stykače tím pádem zůstávají sepnuté. Popsaný efekt kapacity kabelů závisí také na provedení ovládacího obvodu. Při umístění stykače blízko rozpínacího kontaktu se nežádoucí kapacita obvodu neprojeví, naopak v případě velké vzdálenosti ano.



Obr. 5-2 - Efekt kapacity ovládacích kabelů [10], upraveno

Tento problém se v případě ovládacích obvodů prezentačního rozváděče týká především konvenčních motorových spouštěčů na pozicích +S02.DA03 a +S02.LC01. Typická hodnota kapacity mezi kabely je podle [10] přibližně $C_{k,2v} = 0{,}3\ \mu\mathrm{F/km}$ pro dvouvodičové ovládání a cca $C_{k,3v} = 0{,}6\ \mu\mathrm{F/km}$ pro třívodičové ovládání (zdroj neuvádí podrobnější informace). Z uvedeného *Obr. 5-3* je patrné, že ve zmíněných spouštěčích je použito ovládání třívodičové.



Obr. 5-3 - Rozdíl mezi dvouvodičovým a třívodičovým ovládáním [10], upraveno

Maximální kapacita, při které stykač zůstane sepnutý navzdory vypínacímu povelu, se vypočte podle vzorce [10]:

$$C_{max} = \frac{b}{1+a} \cdot \frac{S \cdot 10^6}{\omega \cdot U_c^2}, \tag{5.24}$$

kde C_{max} je max. kapacita, při které již nedojde k rozepnutí kontaktů stykače (μF),

b je poměr proudu cívky stykače při minimálním napětí sepnutých kontaktů a proudu cívky při jmenovitém napětí (-),

a je poměr minimálního napětí na cívce stykače při sepnutých kontaktech a jmenovitého napětí ovládacího obvodu ($a = \frac{U_{AB}}{U_C}$) (-),

S je jmenovitý odběr cívky stykače při sepnutých kontaktech (VA),

ω je úhlová frekvence (Hz),

U_c je jmenovité napětí ovládacího obvodu (V).

V ovládacích obvodech rozváděče jsou použity stykače AF09 a AF38, které jsou připojeny k ovládacímu napětí 230 V a.c. Oba stykače mají podle [K16] při napětí 230 V a.c. průměrný odběr cívky při sepnutých kontaktech 2,2 VA a napětí při rozpínání kontaktů cívky menší než 60 % minimální hodnoty jmenovitého ovládacího napětí, které je dle katalogu 100 V a.c. Z těchto hodnot lze poté určit koeficienty a a b, přičemž pro koeficient a platí:

$$a = \frac{U_{AB}}{U_C} = \frac{0{,}6 \cdot 100\ \mathrm{V}}{230\ \mathrm{V}} = 0{,}261 \tag{5.25}$$

Velikost koeficientu b se podle [10, 11] většinou pohybuje v rozmezí 0,25 až 0,35. Pro účely této práce bylo počítáno s horší variantou, a to s hodnotou 0,25. Výsledná maximální dovolená kapacita bude podle následujícího výpočtu tím pádem nižší:

$$C_{max} = \frac{b}{1+a} \cdot \frac{S \cdot 10^6}{\omega \cdot U_c^2} = \frac{0{,}25}{1+0{,}261} \cdot \frac{2{,}2\ \mathrm{VA} \cdot 10^6}{2\pi \cdot 50\ \mathrm{Hz} \cdot (230\ \mathrm{V})^2} = 0{,}0262\ \mu\mathrm{F} \tag{5.26}$$

Hodnota C_{max} musí být vyšší než hodnota reálné kapacity ovládacích kabelů C_L. Při uvažování přibližné délky ovládacích kabelů k cívce stykače $l_{stykač} = 2\ \mathrm{m}$, vychází v rozváděči celková kapacita kabelů v jednom modulu:

$$C_L = C_{k,3v} \cdot l_{stykač} = (6 \cdot 10^{-4}\ \mu\mathrm{F/m}) \cdot 2\ \mathrm{m} = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mu\mathrm{F} \tag{5.27}$$

Základní podmínka ($C_{max} > C_L$) je tedy splněna. Nyní zbývá určit maximální délky ovládacích kabelů, které lze k rozváděči připojit tak, aby bylo zaručeno rozepínání kontaktů použitých stykačů. Maximální délka připojitelných ovládacích kabelů se určí z rozdílů vypočtených kapacit s ohledem na třívodičové ovládání. Navíc je nutné brát v potaz, že tato hodnota platí pro celou délku kabelu, takže pro reálnou vzdálenost vypínacího tlačítka od rozváděče se uvažuje hodnota nižší. Bez ohledu na to, jestli se jedná o přímý (DOL) nebo reverzní rozběh (REV-DOL), mají oba druhy spouštěčů pouze jedno stop tlačítko, které je pro zjednodušení výpočtu uvažováno v polovině délky připojitelného kabelu. Proto je nutné vypočtenou maximální délku kabelu od rozváděče vydělit dvěma:

$$l_{max} = \frac{C_{max} - C_L}{2 \cdot C_{k,3v}} = \frac{26{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mu\mathrm{F} - 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mu\mathrm{F}}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-4}\ \mu\mathrm{F/m}} = 20{,}83\ \mathrm{m} \tag{5.28}$$

Vypočtená maximální délka kabelu od rozváděče ukazuje, že je na místě umísťovat tlačítka pro lokální ovládání co nejblíže k rozváděči, jinak se může projevit nežádoucí kapacita obvodu. Vypočtená vzdálenost 20,83 m se však nejeví reálně, protože je tato hodnota na první pohled příliš malá. Vypínací tlačítka se v reálné praxi totiž umísťují do značně větších vzdáleností od rozváděče. Pro detailnější analýzu by tedy bylo nutné obstarat si další informace k ovládacím kabelům od výrobce nebo provést při konkrétním rozmístění kabelů přesné měření.

6. ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na návrh prezentačního rozváděče MNS 3.0 ve společnosti ABB s.r.o. Hlavním přínosem je ukázka postupu a příkladu realizace rozváděče nízkého napětí, při kterém musí být zohledněny normativní požadavky. V této práci jsou dále uvedeny způsoby a výsledky výpočtu maximálních délek kabelů, které lze k rozváděči připojit, a také velikosti úbytků napětí na těchto kabelech. Práce tedy slouží jako příručka pro koncového uživatele, která zahrnuje potřebné informace pro využívání rozváděče.

V teoretické části práce je podle normy ČSN EN 61439-1 uveden popis rozváděčů nízkého napětí, jejich základní parametry, provozní podmínky a technické požadavky. V další části práce je představen modulární systém rozváděčů MNS z hlediska mechanického provedení a přípojnicového systému, rozdělení prostor, řešení přívodních a vývodních jednotek a provedení jednotlivých modulů. Rozváděče tohoto typu jsou hojně využívány v průmyslových odvětvích, kde slouží především pro řízení motorových jednotek.

V následující části práce je popsán profesionální CAE software EPLAN Electric P8, ve kterém byla vytvářena kompletní dokumentace k rozváděči. EPLAN má oproti programům CAD spoustu výhod a slouží jako komplexní nástroj pro projektování s různými způsoby vyhodnocení a exportu dat. Pro modelování rozváděčových systémů ve 3D dále slouží EPLAN Pro Panel, které byl pro účely této práce také využit. Pro modelování přístrojových prostorů byla využita 3D makra, která byla v některých případech vytvářena vlastnoručně, pouze na základě rozměrů přístrojů v katalogu.

Praktická část práce popisuje postup návrhu samotného rozváděče MNS 3.0 pro prezentační účely společnosti ABB s.r.o. Důvodem návrhu byl elektrotechnický veletrh Ampér 2018, kde měly být funkce rozváděče prezentovány na veřejnosti. Kvůli časovému zpoždění dodaných přístrojů byl však rozváděč plně zkonstruován až po veletrhu a nyní bude sloužit k testovacím účelům společnosti v její předváděcí místnosti. Samotný návrh rozváděče byl proveden v souladu s ČSN EN 61439-2 a dalšími normami uvedenými v samostatné kapitole. Použité normy kladou velký důraz především na bezpečnost návrhu, které musí být dosaženo. Konfigurace rozváděče byla provedena v interním programu MNS Engineer, ze kterého se následně exportovala požadovaná data do programu EPLAN Electric P8. Zde byla s pomocí nástroje Pro Panel vytvořena kompletní dokumentace k rozváděči, která tvoří samostatnou přílohu této práce.

V závěrečné části se diplomová práce zabývá výpočtem maximálních délek kabelů, které lze připojit k rozváděči tak, aby nebyla narušena správná činnost zkratové ochrany. Výpočet je proveden jak pro silové obvody, ke kterým se připojují především motory, tak pro ovládací obvody, ke kterým lze připojit ovládací tlačítka. Z vypočtených hodnot obecně vyplývá, že k silovým, a ovládacím obvodům na 230 V a.c., lze k rozváděči připojit až stovky metrů kabelových délek. V případě ovládacích obvodů na 24 V d.c. je však doporučeno ovládací tlačítka umísťovat přímo na rozváděč.

V další výpočtové části ukázala analýza úbytků napětí maximální úbytky na připojených silových kabelech, a to i v případě uvažování záběrového proudu motoru. U ovládacích obvodů rozváděče nemají úbytky napětí na jejich funkci negativní vliv, a to ani v případě spínání kontaktů stykače. Zdánlivě negativní vliv může mít podle výpočtu nadměrná kapacita ovládacích obvodů, která se však z pohledu technické praxe musí projevit při značně větších délkách kabelů, než byly vypočteny. V tomto případě by bylo vhodnější provést přesné měření.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] ABB AUTOMATION PRODUCTS GMBH LADENBURG, GERMANY. *MNS Low Voltage Switchgear: System Guide* [online]. 2012 [cit. 2015-02-07]. 1TGC902030B0204.

[2] ČSN EN 61439-1 ed. 2 (357107). *Rozváděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[3] ELEKTROPRŮMYSL.CZ. *Elektrické charakteristiky rozváděčů* [online]. 2012 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: http://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/elektricke-charakteristiky-rozvadecu

[4] KOVÁŘ, Z. *Návrh a zkoušení rozváděčů nn*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 85 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Šimek.

[5] HRUŠKA, Jan. *Projektování v systému EPLAN P8*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2011. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Mlčák, Tomáš.

[6] EPLAN. *Systémové požadavky pro EPLAN Platform* [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: https://www.eplan.cz/cz/reseni/prehled-produktu/platforma-eplan/wwweplanczhwpozadavky/

[7] ONDŘÍČEK, A. *Efektivní provázání projekčního software Eplan s výrobou*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 84 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Helena Polsterová, CSc.

[8] EPLAN. *Beginners guide P8*. Monheim am Rhein, 2013.

[9] EPLAN. *EPLAN Pro Panel – virtuální projektování rozvaděčů ve 3D* [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://www.eplan.cz/cz/reseni/prehled-produktu/eplan-pro-panel/

[10] EATON. *Effect of the Cable Capacitance of Long Control Cables on the Actuation of Contactors* [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: http://www.moeller.net/binary/ver_techpapers/ver949en.pdf

[11] EEP. *Switching contactor and effect of long control lines* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://electrical-engineering-portal.com/switching-contactor-and-effect-of-long-control-lines

[12] ABB AUTOMATION PRODUCTS GMBH LADENBURG, GERMANY. *Maximum cable lengths of consumer cables*. 2014.

[13] SCHNEIDER ELECTRIC. *What is the difference between MCCBs and ACBs? And what is the difference between Compact NS and Masterpact NT/NW?* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: https://www.schneider-electric.ae/en/faqs/FA279636/

[14] ABB AUTOMATION PRODUCTS GMBH LADENBURG, GERMANY. *AC500* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: http://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs/ac500

[15] ČSN EN 60909-0 ed. 2 (333022). *Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

FIREMNÍ MATERIÁLY A KATALOGY PŘÍSTROJŮ

[K1] ABB. *SACE Emax 2: Low voltage air circuit-breakers* [online]. 2017 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SDC200039D0203&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K2] ABB. *Motor control and protection unit: M10x user guide* [online]. 2013 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/6c49673c87ed4cd8c1257bf10013626d/M10x%20user%20guide.pdf

[K3] ABB. *Universal Motor Controller UMC100: Motor management system and accessories* [online]. 2015 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/ee4f71924befaea4c1257df9002d396d/2CDC190022C0206.pdf

[K4] ABB. *Electronic overload relay EF19 and EF45* [online]. 2014 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC107025D0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K5] ABB. *SACE Tmax T Generation: Low voltage moulded-case circuit-breakers from 250 A up to 1600 A* [online]. 2016 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/66d794a3c839491d8d95b1aed96e1a71/1SDC210015D0208.pdf

[K6] ABB. *UMC100.3: Universal Motor Controller* [online]. 2016 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC135032D0204&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K7] ELAND CABLES. *NYY-J PVC 0.6/1kV Power Cable* [online]. 2014 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: https://www.elandcables.com/media/38379/nyy-j-power-cable.pdf

[K8] ABB. *Fusegear: DIN-type HRC-fuse links, 2...1250 A gG- and aM-types* [online]. 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SCC317001C0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K9] FARNELL. *H05Z-K / H07Z-K* [online]. 2012 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/1885758.pdf

[K10] ABB. *Primary switch mode power supplies: Product group picture* [online]. 2016 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC110004C0210_03&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K11] ABB. *Softstartéry: Průvodce problematikou softstartérů* [online]. 2009 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/dd33e4ab21ddb6d3c125764600480aeb/Softstarter-%20handbook.pdf

[K12] ABB. *Emax 2, all-in-one innovation: Embedded ATS system* [online]. 2016 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SDC007115G0201%20&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K13] ABB. *PM572, PM573, PM582, PM583, PM585, PM590, PM591, PM592: Processor module* [online]. 2018 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010064&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K14] ABB. *Ekip UP: The low voltage digital unit for next generation of plants* [online]. 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SDC001051D0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K15] ABB. *Low voltage Process performance motors* [online]. 2017 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/415de629f6b94a9a97a9dc9a9be99a17/9AKK105944%20EN%2012-2017%20Process%20performance%20BM.pdf

[K16] ABB. *AF09Z ... AF38Z* [online]. 2014 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SBC101438D02__&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K17] ABB. *Motor protection and control: Manual motor starters, contactors and overload relays* [online]. 2017 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SBC100192C02--&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K18] ABB. *SACE Tmax XT: New low voltage moulded-case circuit-breakers up to 250 A 50˚C rated* [online]. 2015 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SDC210064D0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

[K19] ABB. *System pro M compact®: Miniature Circuit Breaker S 200/S 200 M* [online]. 2012 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC002157D0202&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

PŘÍLOHY

Příloha A

Tab. A-1 - Vybrané parametry rozváděčů MNS [1]

Normy:		*Low Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies*	IEC 61439-1/-2
Elektrické parametry:	Jmenovité napětí:	Jmenovité izolační napětí U_i	1000 V a.c., 1500 V d.c.*
		Jmenovité pracovní napětí U_e	690 V a.c., 750 V d.c.*
		Jmenovité impulzní výdržné napětí U_{imp}	6/8/12 kV*
		Přepěťová kategorie	II/ III/ IV*
		Stupeň znečistění	3
		Jmenovitý kmitočet	do 60 Hz
	Jmenovitý proud:	Měděné přípojnice:	
		Jmenovitý proud I_e	do 6300 A
		Jmenovitý dynamický výdržný proud I_{pk}	do 250 kA
		Jmenovitý krátkodobý proud I_{cw}	do 100 kA
		Měděné distribuční přípojnice:	
		Jmenovitý proud I_e	do 2000 A
		Jmenovitý dynamický výdržný proud I_{pk}	do 176 kA
		Jmenovitý krátkodobý proud I_{cw}	do 100 kA
	Odolnost vůči oblouku:	Jmenovité pracovní napětí	do 690 V
		Předpokládaný zkratový proud	do 100 kA
		Doba trvání	300 ms
Mechanické parametry:	Rozměry:	Doporučená výška	2200 mm
		Doporučená šířka	400, 600, 800, 1000, 1200 mm
		Doporučená hloubka	400, 600, 800, 1000, 1200 mm
	Stupeň ochrany:	dle IEC 60529	Externí IP30 - IP54
			Interní IPXXB
	Povrchová ochrana/ nátěr:	Rám včetně vnitřního dělení	Zinek/Alu-zinek
		Kryty vnitřní	Zinek/Alu-zinek
		Kryty vnější	Zinek/Alu-zinek, RAL 7035
	Plastové díly:	Bezhalogenové, samozhášivé, zpomalující hoření, bez CFC	IEC 60707, DIN VDE 0304-3

** parametry závisí na elektrickém vybavení rozváděče*

Příloha B

Tab. B-1 - Popis digitálních vstupů do modulu -A3

Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DI524	Status	Význam
+S02: DA01	-X10.1:16	-A3:1.0	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykač rozepnut)
	-X10.1:15	-A3:1.1	NOT FAULT (log. 1)	M102-M hlásí bezporuchový stav (ochrana nevybavila)
	-X10.1:25	-A3:1.2	REMOTE (log. 1)	Dálkové ovládání
+S02: DA02	-X10.1:16	-A3:1.3	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykač rozepnut)
	-X10.1:15	-A3:1.4	NOT FAULT (log. 1)	UMC100.3 hlásí bezporuchový stav (ochrana nevybavila)
+S02: DA03	-X10.1:16	-A3:1.5	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykač rozepnut)
	-X10.1:27	-A3:1.6	NOT FAULT (log. 1)	Relé hlásí bezporuchový stav (ovládací napětí připojeno)
+S02: DA04	-X10.1:21	-A3:1.7	CLOSED (log. 1)	Kontakty pojistkového odpínače OS63 uzavřeny
	-X10.1:22	-A3:2.0	OPENED (log. 1)	Kontakty pojistkového odpínače OS63 otevřeny
	-X10.1:12	-A3:2.1	FUSES OK (log. 1)	Indikátor stavu pojistek hlásí pojistky jsou v pořádku
+S02: FA01	-X10.2:10	-A3:2.2	RUNNING (log. 1)	Motor běží (jeden stykač je sepnutý)
	-X10.2:10	-A3:2.3	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykače rozepnuty)
	-X10.2:13	-A3:2.4	NOT FAULT (log. 1)	Relé hlásí bezporuchový stav (pomocné napětí připojeno)
	-X10.2:23	-A3:2.5	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
+S03	-X10.2:12	-A3:2.6	MAIN 2 INC. VOLT. NOK (log. 1)	Napětí na přívodu hl. přípojnicového systému č. 2 není v pořádku
	-X10.2:14	-A3:2.7	MAIN 2 INC. VOLT. OK (log. 1)	Napětí na přívodu hl. přípojnicového systému č. 2 v pořádku
+S02: FA03	-X10.2:10	-A3:3.0	RUNNING (log. 1)	Motor běží (jeden stykač je sepnutý)
	-X10.2:20	-A3:3.1	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykač rozepnut)
	-X10.2:13	-A3:3.2	NOT FAULT (log. 1)	Relé hlásí bezporuchový stav (pomocné napětí připojeno)
	-X10.2:15	-A3:3.3	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
+S02: LC01	-X10.2:17	-A3:3.4	RUNNING FWD (log. 1)	Motor běží směrem vpřed (stykač č. 1 sepnutý)
	-X10.2:18	-A3:3.5	RUNNING REV (log. 1)	Motor běží směrem dozadu (stykač č. 2 sepnutý)
	-X10.2:19	-A3:3.6	STOPPED (log. 1)	Motor je zastaven (stykače rozepnuty)
	-X10.2:27	-A3:3.7	NOT FAULT (log. 1)	Relé hlásí bezporuchový stav (ovládací napětí připojeno)
	-X10.2:28	-A3:4.0	LOCAL CONTROL (log. 1)	Místní ovládání
+S02: LC03	-X10.1:21	-A3:4.1	CLOSED (log. 1)	Hlavní jistící prvek sepnut
	-X10.1:22	-A3:4.2	OPENED (log. 1)	Hlavní jistící prvek rozepnut
	-X10.1:27	-A3:4.3	TRIP (log. 1)	Hlavní jistící prvek vybavil
+S01	-X10.1:12	-A3:4.4	SPARE (log. 1)	Volná svorka
	-X10.1:14	-A3:4.5	MAIN 1 INC. VOLT. OK (log. 1)	Napětí na přívodu hl. přípojnicového systému č. 1 v pořádku
	-X10.1:12	-A3:4.6	SPARE (log. 1)	Volná svorka
	-X10.1:14	-A3:4.7	MAIN 1 BUSBAR VOLT. OK (log. 1)	Napětí hl. přípojnicového systému č. 1 v pořádku

Tab. B-2 - Popis digitálních signálů z ovládacího panelu

Pozice	Svorka v DX522	Povel	Význam
+S01: HA01	-A4:1.0	STOP COMMAND (log. 1)	Povel k vypnutí motoru
	-A4:1.1	START FWD COMMAND (log. 1)	Povel ke spuštění motoru směrem vpřed
	-A4:1.2	START REV COMMAND (log. 1)	Povel ke spuštění motoru směrem vzad
	-A4:1.3	MODULE SELECTOR SWITCH BIT 1	Přepínání mezi moduly motorových spouštěčů
	-A4:1.4	MODULE SELECTOR SWITCH BIT 2	
	-A4:1.5	MODULE SELECTOR SWITCH BIT 3	
	-A4:1.6	LOCAL CONTROL (log. 1)	Přepnuto na místní ovládání
	-A4:1.7	REMOTE CONTROL (log. 1)	Přepnuto na dálkové ovládání (Modbus TCP/IP)

Tab. B-3 - Popis digitálních signálů do modulu -A5 (hlavní jistič č. 1)

Pozice	Svorka v DX522	Status	Význam
+S01	-A5:1.0	MAIN 1 ACB FAULT	Hlavní jistič č. 1 hlásí poruchu
	-A5:1.1	MAIN 1 READY TO CLOSE	Možno uzavřít kontakty hlavního jističe č. 1
	-A5:1.2	MAIN 1 SPRING CHARGED	Pružina hlavního jističe č. 1 je nastřádána
	-A5:1.3	MAIN 1 ACB OPENED	Hlavní jistič č. 1 má otevřené kontakty
	-A5:1.4	MAIN 1 ACB CLOSED	Hlavní jistič č. 1 má uzavřené kontakty
	-A5:1.5	MAIN 1 ACB RACKED IN	Hlavní jistič č. 1 je připojen k přípojnicím
	-A5:1.6	MAIN 1 ACB IN TEST POSITION	Hlavní jistič č. 1 je v testovací pozici
	-A5:1.7	MAIN 1 ACB RACKED OUT	Hlavní jistič č. 1 je odpojen od přípojnic

Tab. B-4 - Popis digitálních signálů do modulu -A6 (hlavní jistič č. 2)

Pozice	Svorka v DX522	Status	Význam
+S03	-A6:1.0	BUS TIE MCCB FAULT	Kompaktní jistič (spojka) hlásí poruchu
	-A6:1.1	-	Volné
	-A6:1.2	BUS TIE SPRING CHARGED	Pružina kompaktního jističe (spojky) je nastřádána
	-A6:1.3	BUS TIE MCCB OPENED	Kompaktní jistič (spojka) má otevřené kontakty
	-A6:1.4	BUS TIE MCCB CLOSED	Kompaktní jistič (spojka) má uzavřené kontakty
	-A6:1.5	BUS TIE MCCB RACKED IN	Kompaktní jistič (spojka) je připojen k přípojnicím
	-A6:1.6	BUS TIE MCCB IN TEST POSITION	Kompaktní jistič (spojka) je v testovací pozici
	-A6:1.7	BUS TIE MCCB RACKED OUT	Kompaktní jistič (spojka) je odpojen od přípojnic

Tab. B-5 - Popis digitálních signálů do modulu -A7 (spojka)

Pozice	Svorka v DX522	Status	Význam
+S03	-A7:1.0	MAIN 2 ACB FAULT	Hlavní jistič č. 2 hlásí poruchu
	-A7:1.1	MAIN 2 READY TO CLOSE	Možno uzavřít kontakty hlavního jističe č. 2
	-A7:1.2	MAIN 2 SPRING CHARGED	Pružina hlavního jističe č. 2 je nastřádána
	-A7:1.3	MAIN 2 ACB OPENED	Hlavní jistič č. 2 má otevřené kontakty
	-A7:1.4	MAIN 2 ACB CLOSED	Hlavní jistič č. 2 má uzavřené kontakty
	-A7:1.5	MAIN 2 ACB RACKED IN	Hlavní jistič č. 2 je připojen k přípojnicím
	-A7:1.6	MAIN 2 ACB IN TEST POSITION	Hlavní jistič č. 2 je v testovací pozici
	-A7:1.7	MAIN 2 ACB RACKED OUT	Hlavní jistič č. 2 je odpojen od přípojnic

Tab. B-6 - Popis digitálních signálů do modulu -A4 (lokální a dálkové ovládání)

Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DX522	Povel	Význam
+S02: DA01	-X10.1:22	-A4:4.0	LOCAL STOP (log. 1)	Lokální vypnutí motoru
	-X10.1:12	-A4:3.1	LOCAL START (log. 1)	Lokální spuštění motoru
	-X10.1:21	-A4:3.2	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
+S02: DA02	-X10.1:22	-A4:4.3	LOCAL STOP (log. 1)	Lokální vypnutí motoru
	-X10.1:12	-A4:3.4	LOCAL START (log. 1)	Lokální spuštění motoru
	-X10.1:21	-A4:3.5	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
+S02: DA03	-X10.1:15	-A4:4.6	REMOTE STOP (log. 1)	Dálkové vypnutí motoru
	-X10.1:22	-A4:3.7	REMOTE START (log. 1)	Dálkové spuštění motoru

Tab. B-7 - Popis digitálních signálů do modulu -A5 (lokální a dálkové ovládání + aktuátor)

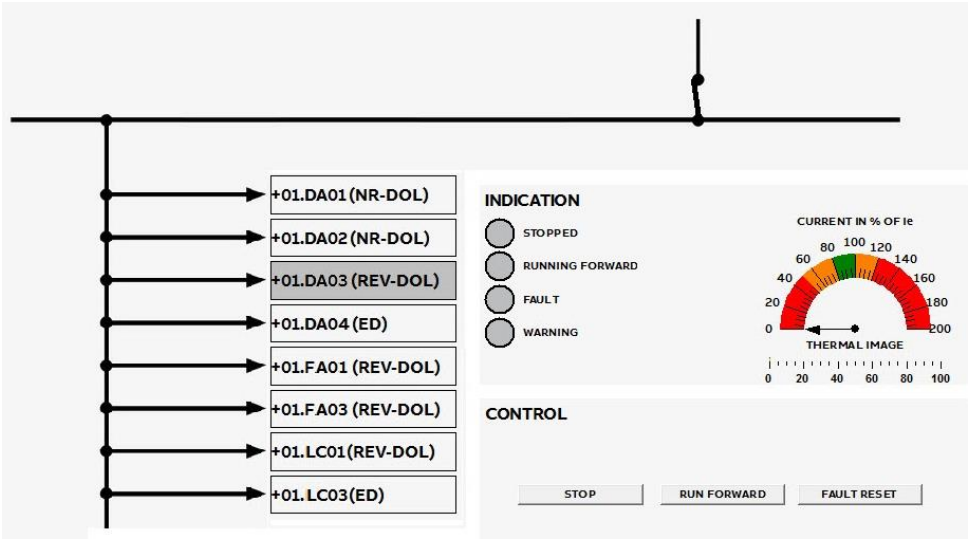
Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DX522	Povel	Význam
+S02: FA01	-X10.1:22	-A5:4.0	LOCAL STOP (log. 1)	Lokální vypnutí motoru
	-X10.1:12	-A5:3.1	LOCAL START FWD (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vpřed
	-X10.1:21	-A5:3.2	LOCAL START REV (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vzad
	-X10.1:16	-A5:3.3	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
	-X10.2:26	-A5:3.4	LIMIT OPEN (log. 1)	Signál limitního otevření z aktuátoru
	-X10.2:17	-A5:3.5	LIMIT CLOSE (log. 1)	Signál limitního uzavření z aktuátoru
	-X10.2:27	-A5:4.6	TORQUE SWITCH (log. 1)	Signál točivého momentu z aktuátoru
	-X10.2:22	-A5:4.7	DCS STOP (log. 1)	Vypnout motor (povel z DCS)

Tab. B-8 - Popis digitálních signálů do modulu -A6 (lokální a dálkové ovládání)

Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DX522	Povel	Význam
+S02: FA01	-X10.2:12	-A6:3.0	DCS START FWD (log. 1)	Spustit motor směrem vpřed (povel z DCS)
	-X10.1:26	-A6:3.1	DCS START REV (log. 1)	Spustit motor směrem vzad (povel z DCS)
+S02: FA03	-X10.1:12	-A6:3.2	LOCAL START FWD (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vpřed
	-X10.1:16	-A6:3.3	LOCAL START REV (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vzad
	-X10.1:22	-A6:4.4	LOCAL STOP (log. 1)	Lokální vypnutí motoru
	-X10.1:21	-A6:3.5	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
	-X10.2:12	-A6:3.6	DCS START FWD (log. 1)	Spustit motor směrem vpřed (povel z DCS)
	-X10.2:22	-A6:3.7	DCS START REV (log. 1)	Spustit motor směrem vzad (povel z DCS)

Tab. B-9 - Popis digitálních signálů do modulu -A7 (lokální a dálkové ovládání)

Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DX522	Povel	Význam
+S02: FA03	-X10.2:21	-A7:4.0	DCS STOP (log. 1)	Vypnout motor (povel z DCS)
+S02: LC01	-X10.1:25	-A7:4.1	LOCAL STOP (log. 1)	Lokální vypnutí motoru
	-X10.1:16	-A7:3.2	REMOTE CONTROL (log. 1)	Dálkové ovládání
	-X10.1:12	-A7:3.3	LOCAL START FWD (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vpřed
	-X10.1:22	-A7:3.4	LOCAL START REV (log. 1)	Lokální spuštění motoru směrem vzad
	-X10.1:10	-A7:4.5	DCS STOP (log. 1)	Vypnout motor (povel z DCS)



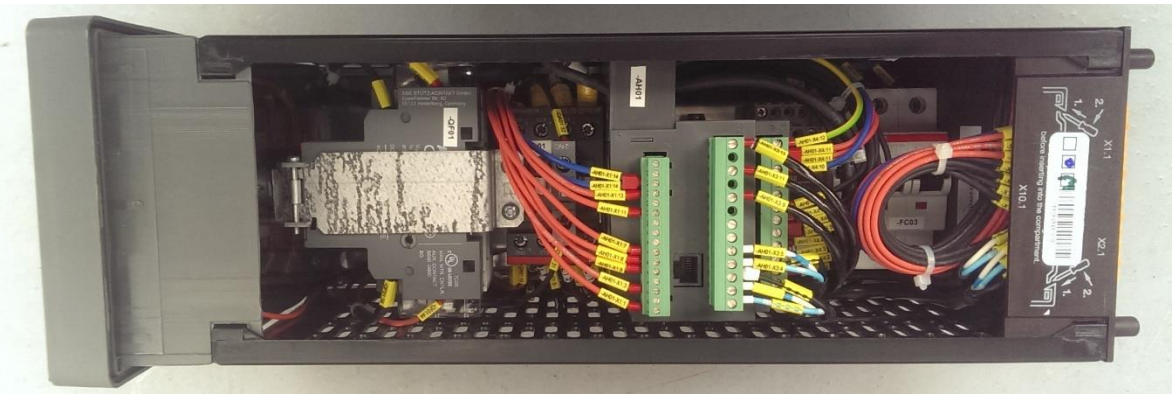
Obr. B-1 - Ovládání modulu +S02.DA03 v programu ABB Automation Builder

Tab. B-10 - Popis digitálních výstupů z modulu -A8

Pozice	Svorka v modulu	Svorka v DO524	Povel	Význam
+S02: MA01	-X10.1:11	-A8:1.0	DCS START FWD (log. 1)	Spustit motor směrem vpřed (povel z DCS)
	-X10.1:21	-A8:1.1	DCS START REV (log. 1)	Spustit motor směrem vzad (povel z DCS)
+S02: FA03	-X10.2:26	-A8:1.2	LIMIT OPEN (log. 1)	Limitní otevření z aktuátoru
	-X10.2:23	-A8:1.3	LIMIT CLOSE (log. 1)	Limitní uzavření z aktuátoru
	-X10.1:26	-A8:1.4	TORQUE SWITCHES (log. 1)	Ovládání točivého momentu z aktuátoru
+S02: HA01	-	-A8:1.5	LCB SIGNAL STOPPED (log. 1)	Signalizace vypnutého stavu
	-	-A8:1.6	LCB SIGNAL RUNNING (log. 1)	Signalizace zapnutého stavu
	-	-A8:1.7	LCB SIGNAL FAULT (log. 1)	Signalizace poruchy
+S01	-XD11:3	-A8:2.0	MAIN 1 OPEN COMMAND (log. 1)	Otevřít kontakty hlavního jističe č. 1
	-XD11:15	-A8:2.1	MAIN 1 CLOSE COMMAND (log. 1)	Uzavřít kontakty hlavního jističe č. 1
	-XD11:16	-A8:2.2	MAIN 1 FAULT RESET COMMAND (log. 1)	Resetovat hlavní jistič č. 1
	-XD01:1	-A8:2.3	MAIN 1 CONTACTOR OPEN COMMAND (log. 1)	Otevřít kontakty stykače pro přívod č. 1
	-XD01:2	-A8:2.4	MAIN 2 CONTACTOR OPEN COMMAND (log. 1)	Otevřít kontakty stykače pro přívod č. 2
	-	-A8:2.5	SPARE	Volná svorka
	-	-A8:2.6	SPARE	Volná svorka
	-	-A8:2.7	SPARE	Volná svorka
+S03	-XG10:1	-A8:3.0	MAIN 2 OPEN COMMAND (log. 1)	Otevřít kontakty hlavního jističe č. 2
	-XG10:16	-A8:3.1	MAIN 2 CLOSE COMMAND (log. 1)	Uzavřít kontakty hlavního jističe č. 2
	-XG10:17	-A8:3.2	MAIN 2 FAULT RESET COMMAND (log. 1)	Resetovat hlavní jistič č. 2
	-XG10:2	-A8:3.3	BUS TIE OPEN COMMAND (log. 1)	Otevřít kontakty kompaktního jističe (spojky)
	-XG10:24	-A8:3.4	BUS TIE CLOSE COMMAND (log. 1)	Uzavřít kontakty kompaktního jističe (spojky)
	-XD11:17	-A8:3.5	EMBEDDED ATS INHIBIT (log. 1)	Potlačit funkci ATS
	-	-A8:3.6	SPARE	Volná svorka
	-	-A8:3.7	SPARE	Volná svorka

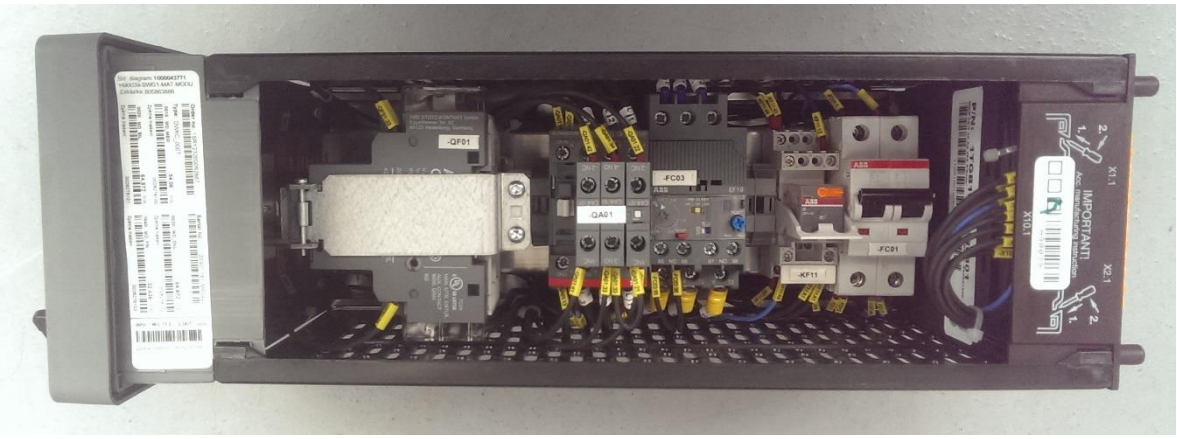
Příloha C

Reálné provedení výsuvných modulů 8E/4 s motorovými spouštěči:



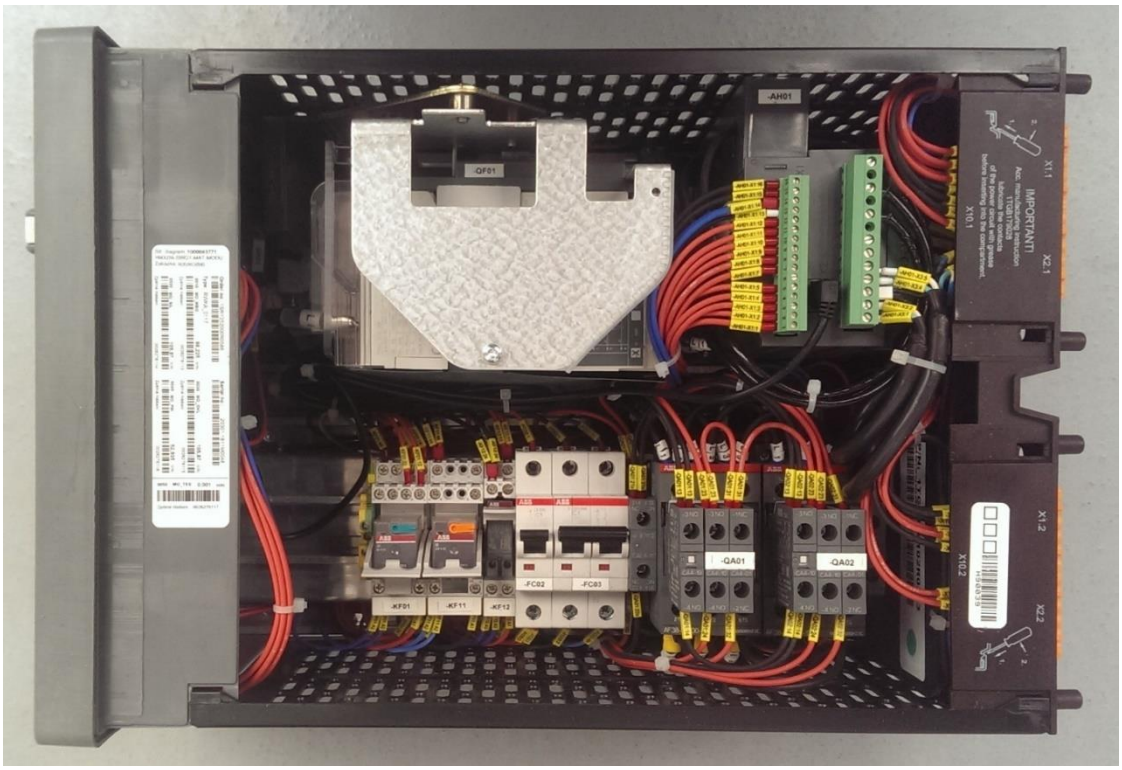
Obr. C-1 - Motorový spouštěč 8E/4 s M102-M (horní pohled)

Obr. C-2 - Motorový spouštěč 8E/4 s UMC100.3 DC (horní pohled)

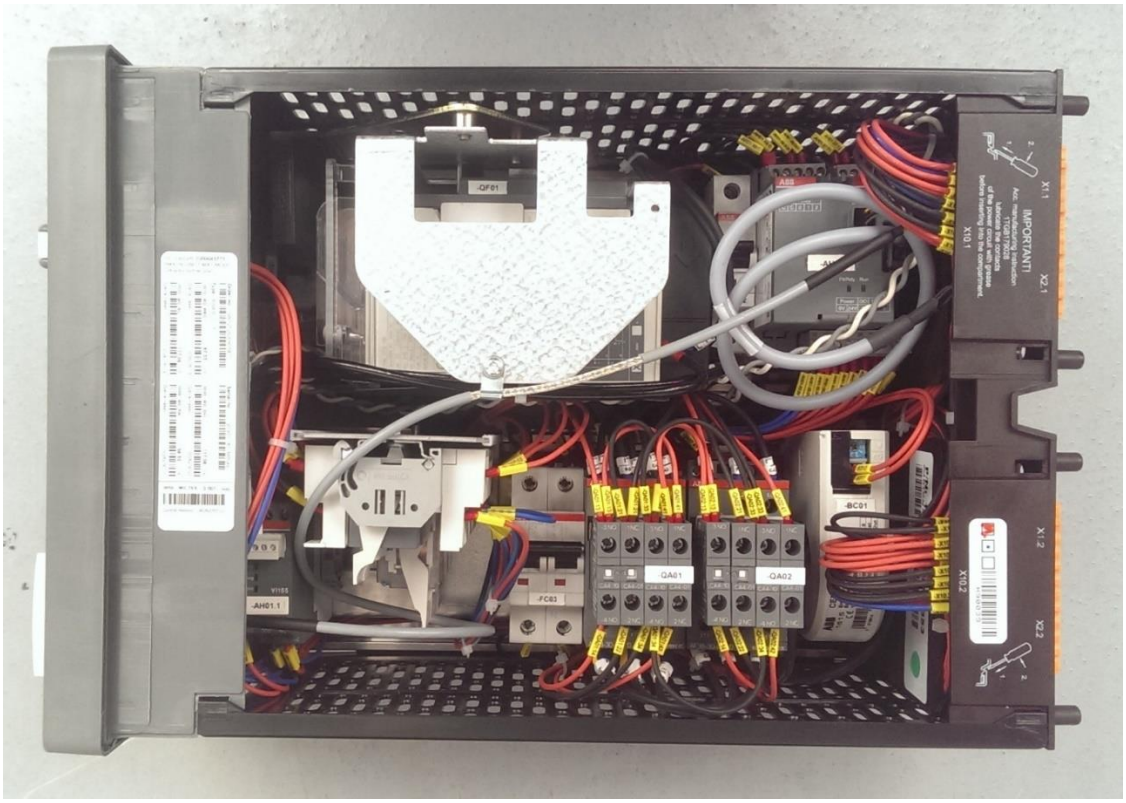


Obr. C-3 - Motorový spouštěč 8E/4 v konvenčním provedení (horní pohled)

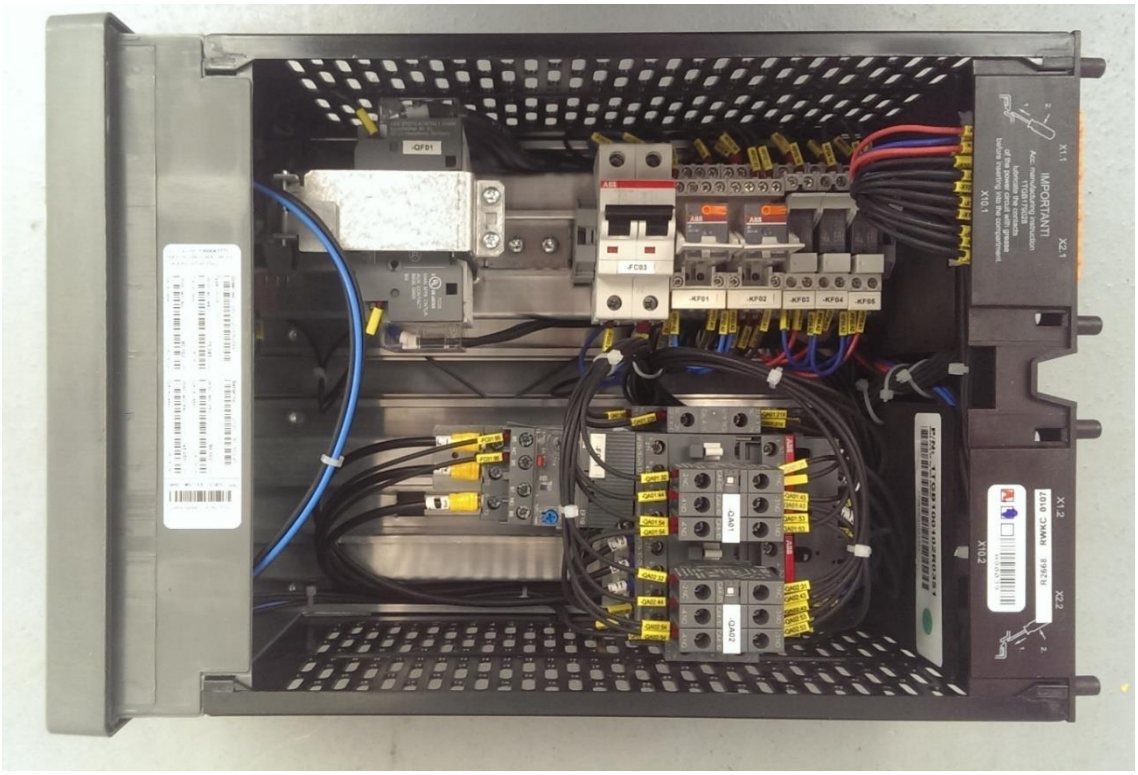
Reálné provedení výsuvných modulů 8E/2 s motorovými spouštěči:



Obr. C-4 - Motorový spouštěč 8E/2 s M102-M (horní pohled)

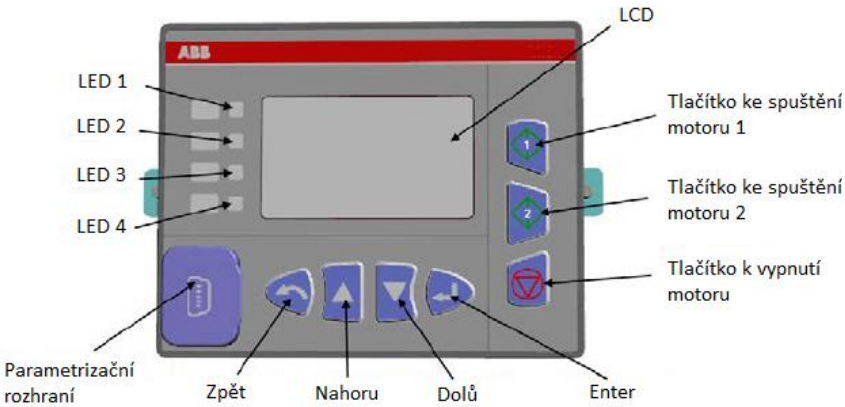


Obr. C-5 - Motorový spouštěč 8E/2 s UMC100.3 DC (horní pohled)



Obr. C-6 - Motorový spouštěč 8E/2 v konvenčním provedení (horní pohled)

Obr. C-7 - Ovládací panel UMC100-PAN [K3]



Obr. C-8 - Ovládací panel MD21 [K2], upraveno

Příloha D

Tab. D-1 - Měrné rezistance kabelu NYY-J 0.6 kV [K7]

Jmenovitý průřez (mm^2)	**Měrná rezistance při 20 °C (Ω/km)**
2.5	7,41
4	4,61
6	3,08
10	1,83
16	1,15
25	0,727
35	0,524
50	0,387
70	0,268
95	0,193
120	0,153
150	0,124
185	0,101
240	0,0775
2x240	0,0388

Tab. D-2 - Měrné rezistance kabelu H05Z-K [K9]

Jmenovitý průřez (mm^2)	**Měrná rezistance při 20 °C (Ω/km)**
0,5	39
0,75	26
1	19,5
1,5	13,3
2,5	7,98
6	3,3

Příloha E

- Dokumentace k rozváděči v samostatných deskách (tištěná verze, zkrácená) a ve formátu PDF (elektronická verze, úplná)